



TUGAS AKHIR - TM145502

PERHITUNGAN ULANG *CHASSIS* MOBIL NOGOGENI 3 EVO UNTUK SHELL ECO MARATHON ASIA 2017

DICKO LURIYANTO ARISENDI
2114 030 026

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Arino Anzip, M. Eng. Sc
19610714 198803 1 003

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - TM145502

PERHITUNGAN ULANG *CHASSIS* MOBIL NOGOGENI 3 EVO UNTUK SHELL ECO MARATHON ASIA 2017

DICKO LURIYANTO ARISENDI
2114 030 026

Dosen Pembimbing
Ir. Arino Anzip, M. Eng. Sc
19610714 198803 1 003

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TM145502

RECALCULATION CHASSIS OF CAR NOGOGENI 3 EVO FOR SHELL ECO MARATHON ASIA 2017

DICKO LURIYANTO ARISENDI
2114 030 026

Advisor
Ir. Arino Anzip, M. Eng. Sc
19610714 198803 1 003

DIPLOMA III STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY DEPARTMENT
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

PERHITUNGAN ULANG *CHASSIS* MOBIL NOGOGENI 3 EVO UNTUK SHELL ECO MARATHON ASIA 2017

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Mesin

Pada

Bidang Studi Manufaktur

Program Studi Diploma III

Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh :

DICKO LURIYANTO ARISENDI

NRP. 2114 030 026



**SURABAYA,
JULI 2017**

PERHITUNGAN ULANG CHASSIS MOBIL NOGOGENI 3 EVO UNTUK SHELL ECO MARATHON ASIA 2017

Nama Mahasiswa : Dicko Luriyanto Arisendi
NRP : 2114 030 026
Jurusan : Departemen Teknik Mesin Industri
Dosen Pembimbing : Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc.

Abstrak

Pada tahun 2017 tim Nogogeni ITS mengikuti perlombaan mobil hemat energi, Shell Eco-Marathon Asia (SEM-A). Tim Nogogeni berpartisipasi dalam kategori Urban Concept – Battery Electric yang diselenggarakan di Changi, Singapore. Agar efisiensi mobil dapat meningkat diperlukan chassis yang stabil dan ringan.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perhitungan mengenai distribusi gaya-gaya yang bekerja pada chassis mobil Nogogeni 3 Evo saat melakukan akselerasi dan pengereman. Bahan yang digunakan adalah Alluminium 6061-T6. Dari analisa tersebut akan diambil gaya terbesar yang kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui kekuatan chassis yang digunakan dan tetap aman saat digunakan untuk berkendara.

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapat tegangan normal maksimum sebesar $1,735 \text{ MPa} \leq |\sigma|$, tegangan geser maksimum sebesar $21,956 \text{ MPa} \leq |\tau_s|$ dan tegangan bending maksimum sebesar $82,264 \text{ MPa} \leq |\sigma|$. Tegangan total yang terjadi pada chassis adalah $86,821 \text{ MPa} \leq (|\sigma| = 92 \text{ MPa})$, sehingga chassis masih dalam keadaan aman.

Kata kunci : Chassis, Gaya, Tegangan

RECALCULATION CHASSIS OF CAR NOGOGENI 3 EVO FOR SHELL ECO MARATHON ASIA 2017

Name : Dicko Luriyanto Arisendi
NRP : 2114 030 026
Department : Department of Mechanical Engineering Industry
Advisor : Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc.

Abstract

In the 2007, Nogogeni ITS team take a part on the event Shell Eco-Marathon Asia (SEM-A). Nogogeni team participate in the category of Urban Concept – Battery Electric which is held in Changi, Singapore. In order to improve the efficiency of the car is required a stable and light chassis.

In this final project will be calculated the distribution of forces that work on the car chassis Nogogeni 3 Evo while doing acceleration and braking. The materials used are Alluminium 6061-T6. From the analysis will be taken the largest force which then performed calculations to determine the strength of the chassis used and remain safe when used to drive.

In this analysis and recalculation, we've got the maximum normal stress $1,735 \text{ MPa} \leq |\sigma|$, maximum shear stress $21,956 \text{ MPa} \leq |\tau_s|$ and maximum bending stress $82,264 \text{ MPa} \leq |\sigma|$. The total stress which happen to the chassis is $86,821 \text{ MPa} \leq (|\sigma| = 92 \text{ MPa})$, so chassis in safety condition.

Keywords : Chassis, Force, Stress

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

“ PERHITUNGAN ULANG *CHASSIS* MOBIL NOGOGENI 3 EVO UNTUK SHELL ECO MARATHON ASIA 2017 ”

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Departemen Teknik Mesin Industri untuk bisa dinyatakan lulus. Selain itu Tugas Akhir juga merupakan suatu bukti yang dapat diberikan kepada almamater dan masyarakat.

Adapun keberhasilan penulisan dalam penyusunan laporan ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi, masukan, saran dan dukungan. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dukungan dan saran sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Industri
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku Koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Dedy Zulhidayat Noor, ST. MT. PhD. selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing Tim Nogogeni
5. Bapak – Ibu dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Semua dosen dan karyawan Departmen Teknik Mesin Industri.

7. Orang tua tercinta beserta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan doanya.
8. Haryo Febrianto yang telah menjadi partner dalam perkuliahan dan banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Partner Tugas Akhir Hafidh, Hendri, Ali Fahri.
10. Teman-teman Nogogeni ITS Team.
11. Serta semua teman-teman Departmen Teknik Mesin Industri yang telah membantu penulisan Tugas Akhir ini.

Kekurangan atau ketidaksempurnaan tentu masih ada, namun bukan sesuatu yang disengaja, hal tersebut semata-mata karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Shell Eco-marathon	5
2.1.1 Regulasi Teknis <i>Chassis</i> SEM-Asia 2017 ...	5
2.2 Mobil Nogogeni 3 Evo 2017	6
2.3 Jenis – Jenis Struktur <i>Chassis</i>	7
2.3.1 <i>Ladder Frame</i>	8
2.3.2 <i>Monoqueue Chassis</i>	8
2.3.3 <i>Tubular Space Frame</i>	9
2.3.4 <i>Backbone Chassis</i>	10
2.3.5 <i>Aluminium Space Frame</i>	10
2.4 <i>Rolling Resistance</i>	11
2.5 <i>Gaya Drag</i>	12
2.6 <i>Center of Gravity</i>	12
2.7 Spesifikasi Aluminium 6061-T6	14
2.8 Profil dan Dimensi Kerangka	14

2.9 Momen Inersia Luasan Batang.....	15
2.10 Faktor Keamanan	15
2.11 Tegangan	16
2.11.1 Tegangan Tarik	17
2.11.2 Tegangan Tekan.....	17
2.11.3 Tegangan Bending	18
2.11.4 Tegangan Geser.....	19
2.11.5 Tegangan Ijin	20
2.12 Hukum Newton tentang Gerak	21
2.12.1 Gerak dan Gaya.....	21
2.12.2 Hukum I Newton.....	21
2.12.3 Hukum II Newton	21
2.13.4 Hukum III Newton	24

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	27
3.2 Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	28
3.2.1 Identifikasi Masalah	28
3.2.2 Studi Literatur	28
3.2.3 Pengambilan Data dan Analisis	28
3.2.4 Penarikan Kesimpulan dan Saran	29

BAB IV HASIL DAN PERHITUNGAN

4.1 <i>Center of Gravity</i> Nogogeni 3 Evo	31
4.2 Beban Dinamis pada Mobil Nogogeni 3 Evo.....	32
4.2.1 Beban Akibat Akselerasi.....	33
4.2.2 Beban Akibat Pengereman.....	34
4.3 Momen Inersia dan Luas Permukaan pada Batang ...	37
4.3.1 Momen Inersia	37
4.3.2 Luas Permukaan.....	39
4.4 Beban yang Ditumpu oleh Chassis.....	39
4.5 Perhitungan Beban saat Pengereman	41
4.6 Diagram Geser dan Diagram Momen	43
4.6.1 Potongan 1	43
4.6.2 Potongan 2	45

4.6.3 Potongan 3	45
4.6.4 Potongan 4	46
4.6.5 Potongan 5	48
4.6.5 Potongan 6	49
4.7 Tegangan Maksimum yang Diterima <i>Chassis</i>	52

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mobil Nogogeni 3 Evo	5
Gambar 2.2 Desain <i>Chassis</i> Nogogeni 3 Evo	6
Gambar 2.3 Desain Mobil Nogogeni 3 Evo	7
Gambar 2.4 <i>Ladder Frame</i>	8
Gambar 2.5 <i>Monocoque Chassis</i>	9
Gambar 2.6 <i>Tubular Space Frame</i>	9
Gambar 2.7 <i>Backbone Chassis</i>	10
Gambar 2.8 <i>Aluminium Space Frame</i>	10
Gambar 2.9 Titik berat sumbu roda depan dan belakang	13
Gambar 2.10 Jarak vertikal titik berat dari permukaan jalan	13
Gambar 2.11 Profil Aluminium Hollow 6061-T6.....	14
Gambar 2.12 Inersia Luasan Batang	15
Gambar 2.13 Tegangan	17
Gambar 2.14 Tegangan Tarik.....	17
Gambar 2.15 Tegangan Tekan	17
Gambar 2.16 Tegangan Bending.....	19
Gambar 2.17 Tegangan Geser	19
Gambar 2.18 Cara Kerja Hukum II Newton	21
Gambar 2.19 Resultan Gaya pada hk, II Newton (1)	23
Gambar 2.20 Resultan Gaya pada hk, II Newton (2)	24
Gambar 2.21 Resultan Gaya pada hk, II Newton (3)	24
Gambar 2.22 Pasangan Aksi Reaksi.....	25
Gambar 2.23 Macam-Macam Keadaan Gaya Normal	25
Gambar 4.1 Perhitungan <i>Center of Gravity</i>	31
Gambar 4.2 Perhitungan Ketinggian Titik COG.....	32
Gambar 4.3 Titik <i>Center of Gravity</i>	33
Gambar 4.4 Free Body Diagram saat Akselerasi	34
Gambar 4.5 Free Body Diagram saat Pengereman	35
Gambar 4.6 Reaksi Tumpuan Roda saat Pengereman.....	36
Gambar 4.7 Batang Utama pada Chassis	37
Gambar 4.8 Momen Inersia Luasan pada Batang	38
Gambar 4.9 <i>Chassis</i> Nogogeni 3 Evo Tampak Isometri	39
Gambar 4.10 Beban pada <i>Chassis</i> Nogogeni 3 Evo.....	40

Gambar 4.11 FBD saat Pengereman pada <i>Chassis</i> Utama	41
Gambar 4.12 Potongan pada Batang <i>Chassis</i>	43
Gambar 4.13 Potongan 1	43
Gambar 4.14 Potongan 2	45
Gambar 4.15 Potongan 3	45
Gambar 4.16 Potongan 4	46
Gambar 4.17 Potongan 5	48
Gambar 4.18 Potongan 6	49
Gambar 4.19 Diagram Normal	51
Gambar 4.20 Diagram Geser	51
Gambar 4.21 Diagram Momen	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Coefficient of Rolling Resistance</i>	11
Tabel 2.2 Spesifikasi Aluminium 6061-T6.....	14
Tabel 2.3 Besaran Gaya, Massa dan Percepatan	21
Tabel 2.4 Besaran Berat, Massa dan Gravitasi.....	22
Tabel 4.1 Beban saat Pengereman pada <i>Chassis</i>	41
Tabel 4.2 Momen pada Potongan 1	44
Tabel 4.3 Momen pada Potongan 2	45
Tabel 4.4 Momen pada Potongan 3	46
Tabel 4.5 Momen pada Potongan 4	47
Tabel 4.6 Momen pada Potongan 5	49
Tabel 4.7 Momen pada Potongan 6	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tim Nogogeni Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) merupakan sebuah tim mobil listrik yang mengikuti perlombaan Shell Eco Marathon Asia (SEM-A). Perlombaan tersebut merupakan perlombaan mobil hemat energi yang diadakan oleh Shell. Pada tahun 2017, tim nogogeni berpartisipasi dalam kategori *Urban Concept* yang diselenggarakan di Changi, Singapore. Pada ajang tersebut Tim Nogogeni berhasil menjadi Juara 3 tingkat Asia. Mobil Nogogeni didesain, disimulasi dan dibuat sendiri oleh mahasiswa-mahasiswi Departemen Teknik Mesin Industri ITS.

Dalam pembuatan mobil listrik hemat energi ada beberapa bagian yang perlu diperhatikan. Beberapa diantaranya adalah *Electric Motor, Drive Train, Aerodynamics of Body, Vehicle Stability and Weight of Car*. Stabilitas kendaraan dan berat kendaraan merupakan aspek yang penting untuk menjuarai kompetisi tersebut.

Chassis merupakan hal terpenting dalam hal stabilitas sebuah kendaraan. Selain harus mampu meopang semua beban yang ada pada kendaraan, *chassis* juga harus mampu melindungi pengemudi apabila terjadi kecelakaan.

Pada proses perancangan *chassis*, perlu diperhatikan perhitungan untuk pembebanan statis atau dinamis. Pemilihan material yang digunakan harus disesuaikan agar menghasilkan *chassis* yang ringan dan kuat.

Mobil yang dilombakan pada ajang SEM-Asia harus stabil dan juga ringan untuk mendapatkan hasil efisiensi yang tinggi. Untuk mengoptimalkan desain *chassis* maka harus dilakukan perhitungan, pemilihan bahan, serta bentuk *chassis* itu sendiri.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam proses perancangan *chassis* Nogogeni agar mampu menerima beban statik dan dinamik, maka muncul beberapa permasalahan, yaitu :

1. Bagaimana distribusi beban yang diterima *chassis* mobil Nogogeni 3 Evo.
2. Bagaimana kemampuan *chassis* mobil Nogogeni 3 Evo dalam menerima beban dinamis saat dilakukan pengereman.

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui distribusi gaya-gaya yang diterima oleh *chassis* mobil Nogogeni 3 Evo.
2. Mengetahui kemampuan *chassis* mobil Nogogeni 3 Evo dalam menerima beban dinamis saat dilakukan pengereman.

1.4. Manfaat

Manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bermanfaat bagi perkembangan pengetahuan dan teknologi, terutama dalam bidang otomotif.
2. Pembaca dapat lebih memahami konsep pengembangan dan perancangan kendaraan.
3. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian dan pembuatan mobil Nogogeni selanjutnya.

1.5. Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan perancangan dan memperjelas lingkup permasalahan yang akan dibahas, maka perlu ditentukan batasan masalahnya yaitu:

1. Spesifikasi kendaraan Nogogeni ITS Team 2017 :
 - a. Berat Kosong : 100 Kg

- b. Berat Pengendara : 70 Kg (1 Pengendara)
 - c. Wheelbase : 1610 mm
 - d. Track Width depan : 1100 mm
 - e. Track Width belakang : 872 mm
 - f. Diameter ban : 50 cm
2. Massa yang termasuk dalam perhitungan adalah seluruh massa yang bekerja pada chaasis mobil Nogogeni 3 Evo, kecuali ban, kaliper rem, dan *disc brake* namun massa mobil tetap 100 kg.
 3. Massa bagian-bagian kendaraan mobil Nogogeni 3 Evo :
 - a. Bodi : 15 kg
 - b. *Steering* : 6 kg
 - c. Pengemudi : 70 kg
 - d. *Chassis* : 30 kg
 - e. Motor listrik : 9,6 kg
 - f. Batrai : 5,4 kg
 - g. *Controller* : 3 kg
 - h. Ban : 24 kg
 - i. Kaliper rem : 4 kg
 - j. *Disc Brake* : 4 kg
 4. Percepatan (akselerasi) dan perlambatan dianggap konstan. Tidak membahas kondisi mobil saat berbelok dan beban akibat torsi.
 5. Material yang digunakan adalah Alluminium 6061-T6.
 6. Kekuatan sambungan keling tidak dibahas.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan di susun untuk memberikan gambaran penjas mengenai bagian-bagian tugas akhir, diantaranya :

BAB I Pendahuluan

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

- BAB II** Tinjauan Pustaka
Membahas tentang dasar teori yang digunakan sebagai dasar perhitungan dan pemikiran dalam menyusun tugas akhir ini.
- BAB III** Metodologi
Membahas tentang diagram alir, proses pengambilan data dan proses perencanaan chassis Nogogeni.
- BAB IV** Hasil dan Perhitungan
Membahas tentang uraian perencanaan dalam pembuatan chassis Nogogeni yang mencakup semua perhitungan dengan batasan masalah yang telah ditentukan.
- BAB V** Penutup
Membahas tentang kesimpulan dari perencanaan dan perhitungan serta saran dalam pengembangan mobil Nogogeni selanjutnya.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Shell Eco-marathon Asia

Shell Eco-marathon (SEM) adalah kompetisi tahunan yang disponsori oleh Shell, dimana peserta membuat kendaraan khusus yang bisa melakukan efisiensi bahan bakar sebesar-besarnya. SEM diadakan di tiga benua yaitu Amerika, Eropa dan Asia. Pada tahun 2010 untuk pertama kalinya SEM Asia diselenggarakan, tepatnya di Malaysia. Pada tahun 2017 SEM Asia diselenggarakan di Changi, Singapore. Jenis kendaraan yang dilombakan ada 2 yaitu, *UrbanConcept* dan *Prototype*. Adapun bentuk dari kendaraan yang dilombakan harus disesuaikan dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh pihak Shell, seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mobil Nogogeni 3 Evo [1]

2.1.1 Regulasi Teknis Chassis SEM-Asia 2017

Kendaraan yang dibuat oleh peserta harus memenuhi peraturan yang telah ditentukan oleh Shell apabila ingin mengikuti

perlombaan, berikut adalah dimensi kendaraan *UrbanConcept* yang telah ditentukan pada SEM-Asia 2017 [2] :

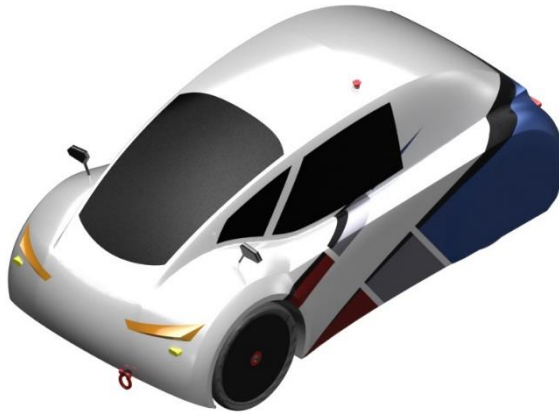
- a. Tinggi kendaraan : (100 – 130) cm
- b. Lebar kendaraan : (120 – 130) cm
- c. Panjang kendaraan : (220 – 350) cm
- d. *Whellbase* : ≥ 120 cm
- e. *Ground Clearance* : ≥ 10 cm
- f. Berat kendaraan : ≤ 225 kg



Gambar 2.2 Desain Chassis Nogogeni [3]

2.2 Mobil Nogogeni 3 Evo 2017

Pada perlombaan SEM-Asia 2017 ini tim Nogogeni berhasil menjadi juara 3 dalam kategori *Battery-Electric* dengan perolehan efisiensi 100,1 km/kwh. Dalam pembangunan mobil Nogogeni 3 Evo *chassis* menjadi bagian penting yang harus didesain agar mobil mudah dikendarai dan menghasilkan mobil yang ringan. Termasuk sistem steering yang digunakan, konstruksi *chassis*, jenis bahan, dan kemudahan manufakttur harus dipertimbangkan. Gambar 2.3 merupakan desain 3D dari mobil Nogogeni 3 Evo.



Gambar 2.3 Desain Mobil Nogogeni 3 Evo [3]

Spesifikasi kendaraan Nogogeni 3 Evo 2017 :

- a. Berat kosong : 100 Kg
- b. Berat pengendara : 70 Kg (1 Pengendara)
- c. *Wheelbase* : 1610 mm
- d. *Track width* depan : 1100 mm
- e. *Track width* belakang : 872 mm
- f. Diameter ban : 50 cm
- g. Berat bagian depan : 82 kg
- h. Berat bagian belakang : 88 kg

2.3 Jenis – Jenis Struktur Chassis

Chassis adalah rangka yang berfungsi sebagai penopang berat dan beban kendaraan, mesin serta penumpang. Syarat utama yang harus terpenuhi adalah material tersebut harus memiliki kekuatan untuk menopang beban dari kendaraan. *Chassis* juga berfungsi untuk menjaga agar mobil tetap rigid, kaku dan tidak mengalami bending atau deformasi waktu digunakan. [4]

2.3.1 *Ladder Frame*

Dinamakan *ladder frame* karena bentuknya menyerupai tangga. *Ladder frame* adalah chassis yang tertua dan banyak digunakan khususnya untuk kendaraan berbeban berat (*heavy duty*). Chassis ini biasanya terbuat dari material baja simetris atau model balok. Untuk beberapa desain kadang kala *ladder frame* diberi perkuatan besi menyilang agar tetap menjaga kekakuan strukturnya. [4]



Gambar 2.4 Ladder frame [4]

2.3.2 *Monocoque Chassis*

Pada *chassis* jenis ini bodi kendaraan berfungsi sebagai *chassis*, sehingga bentuknya sangat tergantung dari model dari kendaraan itu sendiri, *chassis monocoque* atau sering kita dengar dengan nama sasis monokok, kekuatan utamanya ada pada lembaran lembaran baja / komposit yang disatukan atau diperkuat. Pada dewasa ini jenis *chassis monocoque* banyak diaplikasikan pada kendaran ringan karena memiliki keuntungan diantaranya bisa menghemat pemakaian bahan selain itu dapat mempersingkat proses produksi karena tidak perlu membuat sasis tambahan. [4]



Gambar 2.5 Monocoque Chassis [4]

2.3.3 Tubular Space Frame

Jenis *chassis* ini menggunakan bermacam balok atau pipa yang dirangkai menjadi satu dan hampir menyerupai dari konstruksi kendaraan tersebut. *Chassis* ini biasanya banyak diaplikasikan dalam dunia balap mobil, jenis *chassis* ini sangat mudah untuk ditambah atau di desain dan diberi perkuatan tambahan. Dalam struktur jenis ini sangat penting untuk memastikan semua bidang ter triangulasi (coba anda amati kuda kuda pada rumah atau jembatan dimana semua struktur tercipta dengan sambungan model segitiga). Kekuatan dari *chassis* ini amat tergantung dari mutu dan kualitas sambungan las tiap sendinya.[4]



Gambar 2.6 Tubular Space Frame [4]

2.3.4 *Backbone Chassis*

Ide awalnya adalah dengan membuat struktur depan dan belakangnya yang terhubung dengan sebuah rangka tube yang melintang disepanjang mobil. *Chassis backbone* ini hampir seluruhnya adalah struktur kaku dan dapat menahan semua beban. Ini terdapat beberapa lubang yang kontinyu. Karena begitu sempit dindingnya umumnya dibuat tebal. *Chassis backbone* memiliki kekakuan dari luas area bagian *backbone* itu sendiri. [4]



Gambar 2.7 Backbone Chassis [4]

2.3.4 *Aluminium Space Frame*

Aluminium *space frame* dibuat untuk menggantikan chassis baja monocoque karena untuk menghasilkan sebuah rangka yang ringan. Konon *chassis* jenis Aluminium *space frame* diklaim 40% lebih ringan dibanding dengan rangka baja *monocoque* namun 40% lebih kaku / rigid. Pada gambar 2.8 adalah gambar chassis milik dari kendaraan Audi. [1]



Gambar 2.8 Aluminium Space Frame [4]

2.4 Rolling Resistance

Rolling resistance atau tahanan gelinding adalah tahanan pada gerak roda kendaraan diatas permukaan tanah. Besarnya tahanan gelinding ditentukan oleh Rumus pendekatan [5] :

$$\begin{aligned} R_r &= f_r \cdot W \\ &= f_r \cdot m \cdot g \end{aligned} \quad (2.1)$$

Dimana : R_r = *Rolling resistance* (N)
 f_r = Koefisien *rolling resistance*
 m = Massa benda (kg)
 g = Gaya gravitasi (9,81 m/s²)

Tabel 2.1 Coefficient of Rolling Resistance [5]

Road Surface	Coefficient of Rolling Resistance (f_r)
Passanger-car	
Pneumatic tires on	
Large sett pavement	0,015
Small sett pavement	0,015
Concrete asphalt	0,015
Rolled coarse gravel	0,02
Tarmacadam	0,025
Earth	0,05
Farmland	0,1 – 0,35
Strake wheels on	
Farmland	0,14 – 0,24
Track-type tracktor on	
Farmland	0,07 – 0,12
Wheel on rail	0,001 – 0,002

Faktor – faktor yang menentukan *rolling resistance* adalah : diameter ban (makin besarmakin kecil R_r), lebar ban (makin lebar makin kecil R_r), tekanan ban (tekanan yang sesuai).

2.5 **Gaya Drag**

Drag adalah gaya yang menghambat pergerakan sebuah benda padat melalui sebuah fluida (cair atau gas) dimana gaya tersebut mempunyai arah yang sejajar dengan sumbu kecepatan aliran terhadap luas penampang dari suatu benda yang berlawanan dengan arah aliran tersebut. Gaya drag dapat dirumuskan sebagai berikut (*Teknologi Otomotif, 2010*) [5] :

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot V^2 \quad (2.2)$$

Dimana : ρ = Densitas udara 1,17 kg/m³ (30°C)

C_D = Koefisien *drag*

A = Luas frontal benda, m²

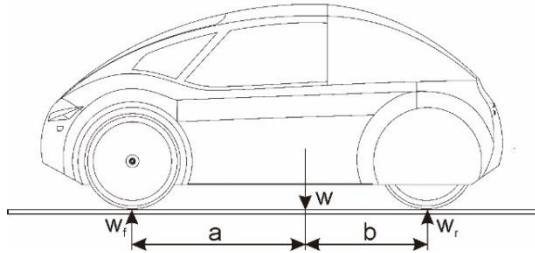
V = Kecepatan aliran udara, m/s

Koefisien drag yang dimiliki oleh mobil Nogogeni 3 Evo adalah sebesar $C_d = 0,341$ data tersebut didapat dari tugas akhir Ifan Yahya (2112030082), tahun 2015. [6]

2.6 **Center of Gravity**

Untuk mendapatkan titik berat dari suatu kendaraan, bisa dilakukan dengan cara gaya reaksi yang terjadi pada roda depan dan roda belakang. Pengukuran (a) dan (b) dilakukan dengan menimbang bagian depan dan belakang kendaraan benar-benar dalam posisi datar / horizontal. Jika saat menimbang roda depan didapat hasil (W_f) dan penimbangan poros belakang didapat hasil (W_r), maka berat total kendaraan (W) didapat (*Teknologi Otomotif, 2010*) [7]:

$$W = W_f + W_r \quad (2.3)$$



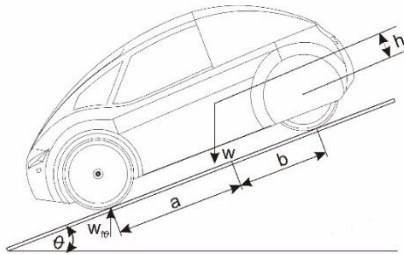
Gambar 2.9 Jarak titik berat antara sumbu roda depan dan belakang [7]

Dengan memakai hasil penimbangan tersebut dan menerapkan konsep statika maka didapat :

$$a = \frac{(a+b)w_r}{w_f + w_r} \quad (2.4)$$

$$b = \frac{(a+b)w_f}{w_f + w_r} \quad (2.5)$$

Dimana : $a + b = L$, jarak antara poros depan dan belakang.



Gambar 2.10 Jarak vertikal titik berat dari permukaan jalan [7]

Untuk mengukur jarak vertikal antara sumbu roda dengan pusat titik berat dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini :

$$h_r = \frac{w_f \theta (a+b) - w \cdot b}{w \cdot \tan(\theta_d)} \quad (2.6)$$

$$h = h_r + r \quad (2.7)$$

Dimana : $W_{f\theta}$ = hasil penimbangan roda depan
 r = jari-jari roda

2.7 Spesifikasi Aluminium 6061-T6

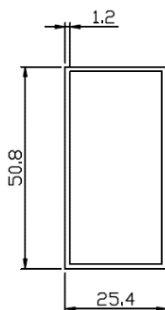
Berikut ini adalah spesifikasi material yang digunakan pada pembuatan chassis Nogogeni 3 Evo. [8]

Tabel 2.2 Spesifikasi Alluminium 6061-T6 [8]

Properties	Metric	English
Ultimate Tensile Stregth	310 Mpa	450000 psi
Tensile Yield Streght	276 MPa	40000 psi
Modulus of Elasticity	68.9 GPa	10000 ksi
Density	2,7 g/cc	0,0975 lb/in ³
Shear Modulus	26 GPa	3770 ksi

2.8 Profil dan Dimensi Kerangka

Profil yang digunakan untuk merancang chassis mobil Nogogeni 3 Evo berbentuk *square hollow* dari bahan aluminium dengan ketebalan 1.2 mm yang memiliki panjang bermacam-macam kemudian disatukan sehingga membentuk struktur chassis mobil Nogogeni 3 Evo.



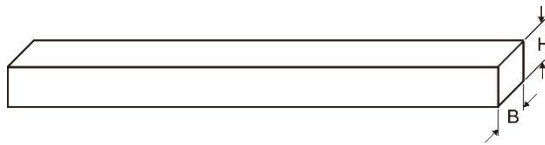
Gambar 2.11 Profil Aluminium Hollow 6061-T6 [8]

2.9 Momen Inersia Luasan Batang

Momen inersia merupakan ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi terhadap porosnya. Besaran ini adalah analog rotasi daripada massa. Momen inersia berperan dalam dinamika rotasi seperti massa dalam dinamika dasar dan menentukan hubungan antara momentum sudut. Diketahui jika sumbu putar terletak ditengah batang, maka momen inersianya berharga :

$$I = \frac{B \cdot H^3}{12} \quad (2.1)$$

Keterangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.12 Inersia Luasan Batang [9]

2.10 Faktor Keamanan

Faktor keamanan (*Safety Factor*) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar elemen mesin terjamin aman dengan dimensi yang minimum atau kecil. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi *safety factor* adalah:

- Variasi sifat mekanik material
- Jenis bahan
- Pengaruh pengerjaan
- Pengaruh perlakuan panas yang diberikan pada material
- Pengaruh pelumasan dan umur pakai dari elemen mesin
- Pengaruh waktu dan lingkungan
- Untuk penggunaan yang khusus
- Kecelakaan manusia

Safety factor berdasarkan tegangan luluh sebagai berikut (Joseph P. Vidosic):

1. $sf = 1,25 - 1,5$ untuk bahan yang sesuai dengan menggunakan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2. $sf = 1,5 - 2,0$ untuk bahan yang sudah diketahui, dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
3. $sf = 2,0 - 2,5$ untuk bahan yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui.
4. $sf = 2,5 - 3,0$ untuk beban yang diketahui tanpa mengalami tes, pada kondisi beban dan tegangan rata-rata.
5. $sf = 3,0 - 4,5$ untuk bahan yang sudah diketahui. Beban dan tegangan yang tidak pasti, dan kondisi lingkungan yang tidak pasti.
6. Beban berulang : Nomor 1 s/d 5
7. Beban kejut : Nomor 3 – 5
8. Beban getas : Nomor 2 – 5 dikalikan dengan 2

Pemberian *safety factor* dengan menganggap faktor-faktor lain berjalan secara normal (Dobrovolsky):

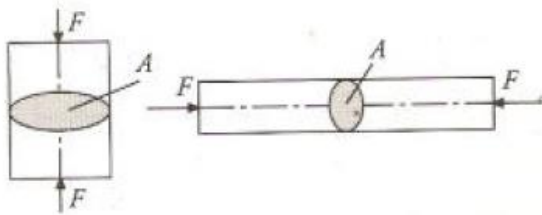
1. Beban statis : $sf = 1,25 - 2$
2. Beban dinamis : $sf = 2,1 - 3$
3. Beban kejut : $sf = 3,1 - 5$

Faktor keamanan (*Safety Factor*) adalah perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan (Sumber: web.ipb.ac.id)

$$\text{Faktor keamanan (n)} = \frac{\text{kekuatan sebenarnya}}{\text{kekuatan yang dibutuhkan}} \quad (2.4)$$

2.11 Tegangan

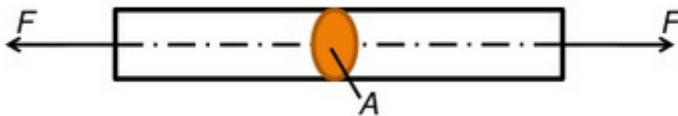
Tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya tiap satuan luas dan tegangan ini dianggap merata pada luas penampang melintang bagian benda. Tegangan timbul akibat adanya beban atau gaya yang bekerja pada sebuah benda atau material.



Gambar 2.13 Tegangan [10]

2.11.1 Tegangan Tarik

Apabila sepasang gaya tarik aksial menarik suatu batang, dan akibatnya batang ini cenderung menjadi merenggang atau bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.



Gambar 2.14 Tegangan tarik [10]

2.11.2 Tegangan Tekan (*Compressive Stress*)

Apabila sepasang gaya tekan aksial mendorong suatu batang akibatnya batang ini cenderung untuk memperpendek atau menekan batang tersebut. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya



Gambar 2.15 Tegangan tekan [10]

Intensitas gaya (yakni, gaya per satuan luas) disebut tegangan (*stress*) dengan menganggap bahwa tegangan terdistribusikan secara merata pada seluruh penampang batang, maka resultannya sama dengan intensitas σ kali luas penampang A dari batang. Selanjutnya, dari kesetimbangan, besar resultan gayanya sama dengan beban P yang dikenakan, tetapi arahnya berlawanan. Sehingga diperoleh rumus:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

Dimana : τ = Tegangan tarik / tekan (N/mm²)

F = Gaya tekan atau tarik (N)

A = Luas penampang (mm²)

2.11.3 Tegangan Bending

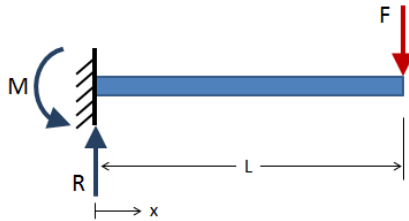
Merupakan tegangan yang diakibatkan oleh bekerjanya momen lentur pada benda. Sehingga pelenturan benda disepanjang sumbunya menyebabkan sisi bagian atas tertekan, karena memendek dan sisi bagian bawah tertarik karena bertambah panjang. Dengan demikian struktur material benda diatas sumbu akan mengalami tegangan tekan, sebaliknya dibagian bawah sumbu akan terkena tegangan tarik. Sedangkan daerah diantara permukaan atas dan bawah, yaitu yang sejajar dengan sumbu benda tetap, tidak mengalami perubahan, ini disebut dengan bidang netral. Persamaan tegangan bending dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{Mb \cdot y}{I} \quad (2.5)$$

Dimana : Mb = Momen bending, N/mm²

y = Jarak dari permukaan ke sumbu netral, mm

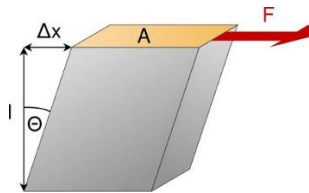
I = Inersia penampang, mm⁴



Gambar 2.16 Tegangan bending [10]

2.11.4 Tegangan Geser

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan balok, yang dinotasikan dengan τ (Tau).



Gambar 2.17 Tegangan geser [10]

Beam shear didefinisikan sebagai tegangan geser internal suatu beam yang disebabkan oleh gaya geser pada beam itu.

$$\tau_s = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

Dimana :

V = total gaya geser pada lokasi yang dimaksud, N/mm²

Q = (y x A) momentum statik dari area, mm²

t = ketebalan bahan yang tegak lurus dengan arah geser, mm²

I = Momentum inersia seluruh area cross sectional, mm⁴

2.11.5 Tegangan Ijin

Tegangan ijin (*Allowable Stress*) adalah tegangan yang tidak boleh dilampaui di bagian manapun dalam struktur. Selama tegangan maksimum tidak lebih dari tegangan ijin, maka struktur tersebut dinyatakan aman, sebaliknya apabila tegangan maksimum lebih dari tegangan ijin, maka struktur tersebut tidak dapat dinyatakan aman. Tegangan ijin dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Tegangan Ijin } (\tau_{ijin}) = \frac{\text{Tegangan luluh } (\tau_y)}{\text{faktor keamanan } (n)} \quad (2.5)$$

Dalam aplikasinya hubungan antara tegangan-tegangan tersebut secara umum sering memakai hubungan sebagai berikut [11] :

- Tegangan Tarik

$$\begin{aligned} \sigma_c &\leq |\sigma_c| \\ \sigma_c &\leq \frac{Scyp}{sf} \\ \sigma_c &\leq \frac{Syp}{sf} \end{aligned}$$

- Tegangan Geser

$$\begin{aligned} \sigma_c &\leq |\tau_s| \\ \sigma_c &\leq \frac{Ssyp}{sf} \\ \sigma_c &\leq \frac{0,58 \cdot Syp}{Sf} \end{aligned}$$

2.12 Hukum Newton Tentang Gerak

2.12.1 Gerak dan Gaya

Gaya merupakan suatu tarikan atau dorongan yang dapat menimbulkan perubahan gerak. Dengan demikian jika benda ditarik/didorong dan sebagainya maka pada benda bekerja gaya dan keadaan gerak benda dapat dirubah. Gaya adalah penyebab gerak. Gaya termasuk besaran vektor, karena gaya ditentukan oleh besar dan arahnya. [12]

2.12.2 Hukum I Newton

Jika resultan dari gaya-gaya yang bekerja pada sebuah benda sama dengan nol ($F = 0$), maka benda tersebut :

- Jika dalam keadaan diam akan tetap diam, atau
- Jika dalam keadaan bergerak lurus beraturan akan tetap bergerak lurus beraturan.

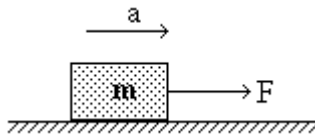
Keadaan tersebut di atas disebut juga Hukum Kelembaman.

Kesimpulan : $F = 0$ dan $a = 0$

Karena benda bergerak translasi, maka pada sistem koordinat Cartesius dapat dituliskan $\sum F_x = 0$ dan $\sum F_y = 0$. [12]

2.12.3 Hukum II Newton

Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dan searah dengan gaya itu dan berbanding terbalik dengan massa benda.



Gambar 2.18 Cara Kerja Hukum II Newton [12]

Pada kondisi tersebut gaya gesek pada lantai diabaikan.

$$F = m \cdot a \quad (2.9)$$

Tabel 2.3 Besaran Gaya, Massa dan Percepatan [12]

BESARAN	NOTASI	MKS	CGS
Gaya	F	Newton (N)	Dyne
Massa	m	Kg	Gram
Percepatan	a	m/det ²	cm/det ²

1. Massa Dan Berat

Berat suatu benda (w) adalah besarnya gaya tarik bumi terhadap benda tersebut dan arahnya menuju pusat bumi, (vertikal ke bawah).

Hubungan massa dan berat :

$$w = m \cdot g \quad (2.10)$$

Dimana :

w = Berat benda.

m = Massa benda.

g = Percepatan gravitasi.

Tabel 2.4 Besaran Berat, Massa dan Gravitasi [12]

BESARAN	NOTASI	MKS	CGS
Berat	W	Newton (N)	Dyne
Massa	m	Kg	Gram
Gravitasi	g	m/det ²	cm/det ²

Perbedaan massa dan berat :

- Massa (m) merupakan besaran skalar di mana besarnya di sembarang tempat untuk suatu benda yang sama selalu tetap.

- Berat (w) merupakan besaran vektor di mana besarnya tergantung pada tempatnya (percepatan gravitasi pada tempat benda berada).

Hubungan antara satuan yang dipakai :

$$1 \text{ newton} = 1 \text{ kg.m/det}^2$$

$$1 \text{ dyne} = 1 \text{ gr.cm/det}^2$$

$$1 \text{ newton} = 105 \text{ dyne}$$

$$1 \text{ kgf} = g \text{ newton} (g = 9,8 \text{ m/det}^2 \text{ atau } 10 \text{ m/det}^2)$$

$$1 \text{ gf} = g \text{ dyne} (g = 980 \text{ cm/det}^2 \text{ atau } 1000 \text{ cm/det}^2)$$

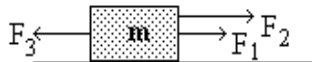
$$1 \text{ smsb} = 10 \text{ smsk}$$

$$\text{smsb} = \text{satuan massa statis besar.}$$

$$\text{smsk} = \text{satuan massa statis kecil.}$$

Pengembangan :

- Jika pada benda bekerja banyak gaya yang horizontal maka berlaku :



Gambar 2.19 Resultan Gaya pada hk. Newton II (1) [12]

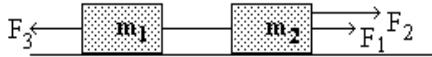
Pada kondisi tersebut gaya gesek pada lantai diabaikan.

$$\begin{aligned} \sum \vec{F} &= m \cdot a \\ F_1 + F_2 - F_3 &= m \cdot a \end{aligned} \quad (2.11)$$

Arah gerak benda sama dengan F_1 dan F_2 jika $F_1 + F_2 > F_3$

Arah gerak benda sama dengan F_3 jika $F_1 + F_2 < F_3$ (tanda $a = -$)

- Jika pada beberapa benda bekerja banyak gaya yang horisontal maka berlaku :

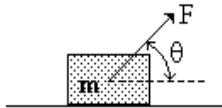


Gambar 2.20 Resultas Gaya pada hk. Newton II (2) [12]

$$\begin{aligned} \sum \vec{F} &= \sum m \cdot a \\ F_1 + F_2 - F_3 &= (m_1 + m_2) \cdot a \end{aligned} \quad (2.12)$$

Pada kondisi tersebut gaya gesek pada lantai diabaikan.

- c. Jika pada benda bekerja gaya yang membentuk sudut θ dengan arah mendatar makaberlaku :



Gambar 2.21 Resultan Gaya pada hk. Newton II (3) [12]

Maka gaya yang diperlukan adalah:

$$F \cos \theta = m \cdot a$$

Pada kondisi tersebut gaya gesek pada lantai diabaikan. [12]

2.12.4 Hukum III Newton

Bila sebuah benda A melakukan gaya pada benda B, maka benda juga akan melakukan gaya pada benda A yang besarnya sama tetapi berlawanan arah.

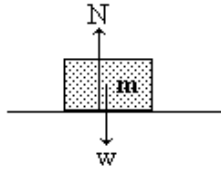
- Gaya yang dilakukan A pada B disebut : *gaya aksi*.
 - Gaya yang dilakukan B pada A disebut : *gaya reaksi*.
- maka ditulis :

$$F_{\text{aksi}} = - F_{\text{reaksi}}$$

Hukum Newton III disebut juga Hukum Aksi - Reaksi.

1. Pasangan Aksi Reaksi

Pada sebuah benda yang diam di atas lantai berlaku :



Gambar 2.22 Pasangan Aksi Reaksi [12]

$$w = - N$$

Dimana:

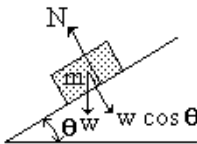
w = gaya berat benda memberikan gaya aksi pada lantai.

N = gaya normal (gaya yang tegak lurus permukaan tempat di mana benda berada).

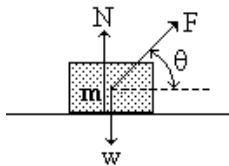
Pada kondisi tersebut gaya gesek pada lantai diabaikan.

Hal ini bukan pasangan Aksi - Reaksi.

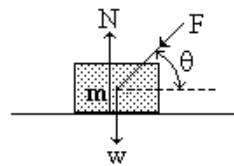
(tanda (-) hanya menjelaskan arah berlawanan) [12]



$$N = w \cos \theta$$



$$N = w - F \sin \theta$$



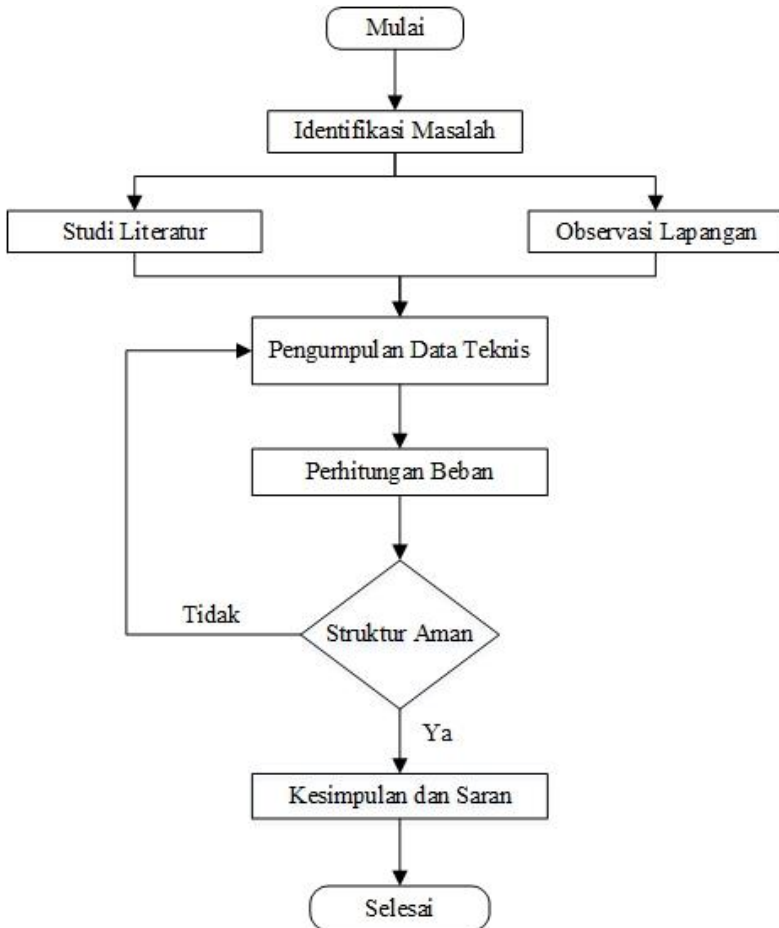
$$N = w + F \sin \theta$$

Gambar 2.23 Macam-Macam Keadaan Gaya Normal [12]

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Penulisan Laporan Tugas Akhir

Dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini melalui beberapa tahap, diantaranya sebagai berikut :

3.2.1 Identifikasi Masalah

Pada tahapan awal identifikasi dilakukan pengamatan terhadap masalah yang dirumuskan menjadi tujuan dari penelitian. Permasalahan tersebut yaitu bagaimana gaya-gaya yang bekerja pada *chassis* mobil Nogogeni 3 Evo tidak menyebabkan *chassis* tersebut rusak atau patah sehingga masih tetap aman untuk digunakan.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur ini meliputi kegiatan mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan dinamika kendaraan, jenis-jenis struktur *chassis*, tegangan yang terjadi pada bagian *chassis*. Studi literature ini diperoleh dari berbagai sumber diantaranya adalah buku / *text book*, publikasi-publikasi ilmiah, tugas akhir dan penelitian yang berkaitan dan media internet. Selain itu dilakukan observasi langsung pada mobil Nogogeni 3 Evo. Observasi meliputi struktur *chassis*, dimensi *chassis*, beban yang bekerja pada *chassis* dan jenis bahan yang sesuai.

3.2.3 Pengambilan Data dan Analisis

Dari studi literatur dan observasi mengenai *chassis* pada mobil Nogogeni 3 Evo, dilakukan pengambilan data beban, struktur dan dimensi *chassis* yang digunakan oleh mobil Nogogeni 3 Evo.

Setelah melakukan pengambilan data yang diperlukan, kemudian dilakukan perhitungan beban-beban yang bekerja pada *chassis* mobil Nogogeni 3 Evo saat berhenti dari kecepatan 50 km/jam dalam jarak 16 meter.

3.2.4 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini merupakan ujung dari perhitungan dari kekuatan *chassis* pada mobil Nogogeni 3 Evo, yaitu dengan menarik kesimpulan yang didapat dari hasil mencari besarnya gaya yang bekerja pada mobil Nogogeni 3 Evo saat melakukan pengereman sampai berhenti dari kecepatan 50 km/jam dalam jarak 16 meter.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

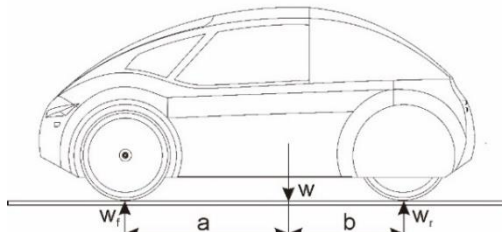
BAB IV HASIL DAN PERHITUNGAN

4.1 *Center of Gravity* Nogogeni 3 Evo

Perhitungan *center of gravity* pada mobil Nogogeni didasarkan pada data uji berat saat technical inspection pada event Shell Eco Marathon Asia 2017. Serta pengambilan data yang telah dilakukan di bengkel Nogogeni

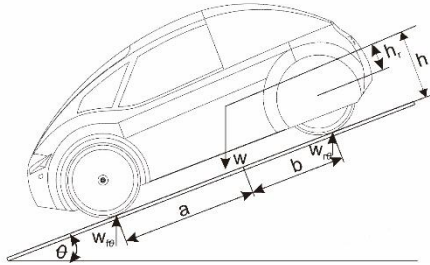
Untuk perhitungan ini, berat yang ditumpu oleh ban bagian kanan dan kiri diasumsikan sama. Untuk mencari jarak *center of gravity* pada arah horizontal dapat dihitung menggunakan perbandingan berat pada roda depan dan roda belakang seperti pada gambar 3.3 berikut.

Diket : L = Wheelbase	= 1610 mm
W_f = Berat bagian depan	= 82 Kg = 804,42 N
W_r = Berat bagian belakang	= 88 Kg = 863,28 N
W = Berat total	= 170 Kg = 1667,7 N



Gambar 4.1 Perhitungan *Center of Gravity*

$a = \frac{(a+b) W_r}{W_f + W_r}$ $= \frac{L \cdot W_r}{W}$ $= \frac{1610 \text{ mm} \times 863,28 \text{ N}}{1667,7 \text{ N}}$ $= 833,412 \text{ mm}$	$b = \frac{(a+b) W_f}{W_f + W_r}$ $= \frac{L \cdot W_f}{W}$ $= \frac{1610 \text{ mm} \times 804,42 \text{ N}}{1667,7 \text{ N}}$ $= 776,588 \text{ mm}$
---	---



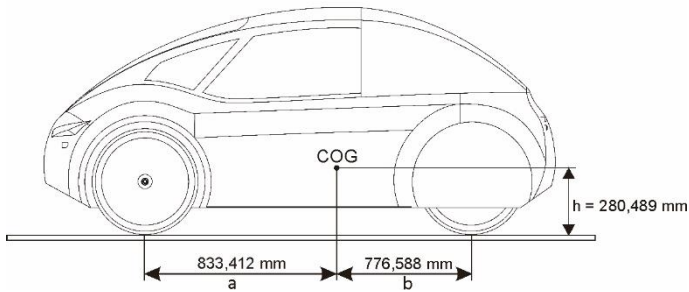
Gambar 4.2 Perhitungan ketinggian titik COG

$$\begin{aligned}
 W_f &= m \cdot g \cdot \cos \theta & W_r &= m \cdot g \cdot \sin \theta \\
 &= 82 \times 9,81 \times \cos 4,2^\circ & &= 88 \times 9,81 \times \sin 4,2^\circ \\
 &= 802,259 \text{ N} & &= 860,961 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah perhitungan ketinggian titik center of gravity ditinjau dari permukaan tanah :

$$\begin{aligned}
 h &= r + h_r \\
 h &= r + \left[b - L \left(\frac{W_r}{W} \right) \right] \cot \theta \\
 &= 250 + \left[833,412 - 1610 \left(\frac{860,961}{1667,7} \right) \right] \cot 4,2^\circ \\
 &= 250 + [833,412 - 831,1729] 13,617 \\
 &= 250 + 30,489 \\
 &= 280,489 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, center of gravity dari mobil Nogogeni 3 Evo nilainya seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.3 Titik center of gravity

4.2 Beban Dinamis pada Mobil Nogogeni 3 Evo

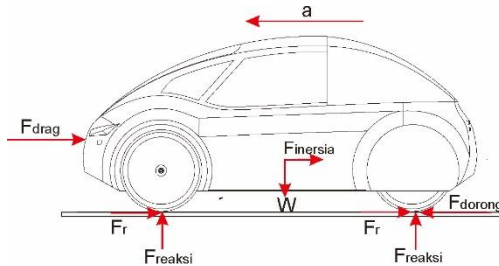
Untuk mengetahui besarnya gaya gesek yang terjadi antara roda dengan jalan, maka perlu diketahui nilai dari *coefficient of rolling resistance* roda dari tabel (2.2) sehingga didapatkan *rolling resistance* dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 Fr &= fr \cdot W \\
 &= fr \cdot m \cdot g \\
 &= 0,015 \cdot 170 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 25,015 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Selain itu perlu juga diketahui nilai dari gaya *drag* yang menghambat laju mobil pada saat kecepatan maksimum (50 km/jam). Berikut adalah perhitungan besarnya gaya drag pada mobil Nogogeni 3 Evo :

$$\begin{aligned}
 F_D &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot V_{max}^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1,17 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,341 \cdot 1,01 \text{ m} \cdot (13,889 \text{ m/s})^2 \\
 &= 38,866 \text{ N}
 \end{aligned}$$

4.2.1 Beban Akibat Akselerasi



Gambar 4.4 Free Body Diagram saat Akselerasi

Pada gambar diatas mobil Nogogeni 3 Evo diasumsikan mampu menempuh jarak 300 meter dalam waktu 35 detik dari posisi diam. Maka dari asumsi tersebut didapatkan percepatan dari perhitungan berikut :

$$S = V_o^2 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (4.1)$$

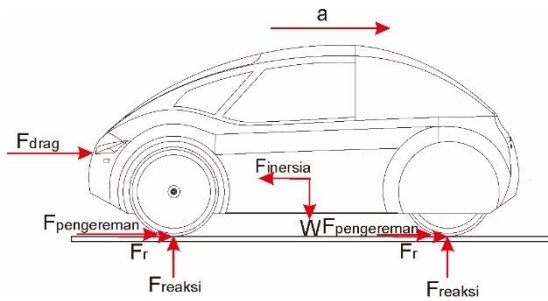
Dimana : S = Jarak, (m)
 V_o = Kecepatan awal, (m/s)
 a = Percepatan, (m/s²)
 t = Waktu, (sekon)

$$\begin{aligned} a &= \frac{2S}{t^2} \\ &= \frac{2 \cdot 300 \text{ m}}{(35 \text{ s})^2} \\ &= \frac{600 \text{ m}}{1225 \text{ s}^2} \\ &= 0,489 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Setelah semua data diketahui maka dapat ditentukan besarnya gaya dorong yang dibutuhkan mobil Nogogeni 3 Evo untuk bergerak dari kondisi diam ($V = 0$ km/jam) sampai kecepatan maksimum ($V = 50$ km/jam) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Sigma F_{horizontal} &= m \cdot a \\
 F_{dorong} - F_r - F_D &= m \cdot a \\
 F_{dorong} &= F_r + F_D + (m \cdot a) \\
 &= 25,015 + 38,866 + (170 \cdot 0,489) \\
 &= 63,881 + 83,13 \\
 &= 147,011 \text{ N}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Beban Akibat Pengereman



Gambar 4.5 Free Body Diagram saat Pengereman

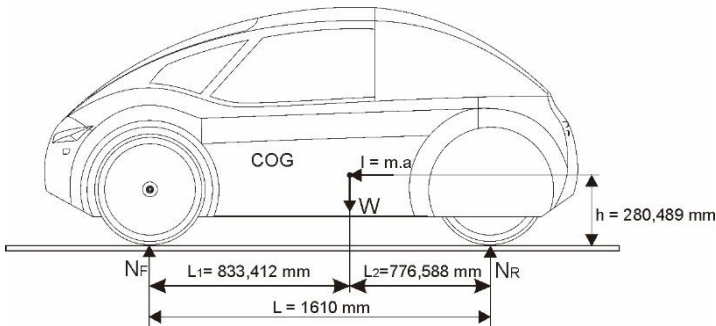
Pada gambar diatas mobil Nogogeni 3 Evo diasumsikan mampu melakukan pengereman pada jarak 15 meter dalam kecepatan 50 km/jam. Maka besarnya nilai perlambatan didapatkan dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 V_t^2 &= V_o^2 + 2 \cdot a \cdot s \\
 a &= \frac{V_t^2 - V_o^2}{2 \cdot s} \\
 &= \frac{0 - (13,889)^2}{2 \cdot 15} \\
 &= -\frac{192,904}{30} = -6,430 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Setelah semua data diketahui maka dapat ditentukan besarnya gaya penegreman yang dibutuhkan mobil Nogogeni 3 Evo untuk berhenti dari kecepatan 50 km/jam.

$$\begin{aligned}
 \Sigma F_{horizontal} &= m \cdot a \\
 F_{pengereman} - F_r - F_D &= m \cdot a \\
 F_{pengereman} &= (m \cdot a) - F_r - F_D \\
 &= (170 \times 6,430) - 25,015 - 38,866 \\
 &= 1093,1 - 25,015 - 38,866 \\
 &= 1029,219 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tumpuan pada roda depan dan belakang saat dilakukan pengereman :



Gambar 4.6 Reaksi Tumpuan Roda saat Pengereman

$$\begin{aligned}
 \rightarrow \Sigma F_x &= 0 & \uparrow \Sigma F_y &= 0 \\
 I &= 0 & N_F + N_R - W &= 0 \\
 m \cdot a &= 0 & N_F + N_R &= W \\
 170 \cdot 6,430 &= 0 & N_F + N_R &= 1667,7 \text{ N} \dots \dots \dots (4.1) \\
 1093,1 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright \Sigma M_{pot} &= 0 \\
 N_F \cdot L_0 - W \cdot L_1 + I \cdot h + N_R \cdot L &= 0 \\
 0 - 1667,7 \cdot (833,412) + 1093,1 \cdot (280,489) + N_R \cdot 1610 &= 0 \\
 - 1389881,192 + 306602,526 + 1610N_R &= 0 \\
 1610N_R &= 1083278,663 \\
 N_R &= 672,844 \text{ N}
 \end{aligned}$$

N_R - Subsitusi ke Persamaan (4.1)

$$N_F + N_R = 1667,7 \text{ N}$$

$$N_F = 1667,7 \text{ N} - N_R$$

$$N_F = 1667,7 \text{ N} - 672,844 \text{ N}$$

$$N_F = 994,856 \text{ N}$$

Pada saat melakukan pengereman gaya rem terbesar berada pada roda depan seperti diketahui pada perbandingan berikut ini :

$$\begin{aligned} K_f &= \frac{W_F}{W} \\ &= \frac{994,856}{1667,7} \\ &= 0,597 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_r &= \frac{W_R}{W} \\ &= \frac{672,844}{1667,7} \\ &= 0,403 \end{aligned}$$

Gaya Pengereman pada Roda Depan dan Belakang

$$\begin{aligned} F_{rem1} &= K_f \cdot F_{rem} \\ &= 0,597 \times 1029,219 \\ &= 614,444 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{rem2} &= K_r \cdot F_{rem} \\ &= 0,403 \times 1029,219 \\ &= 414,775 \text{ N} \end{aligned}$$

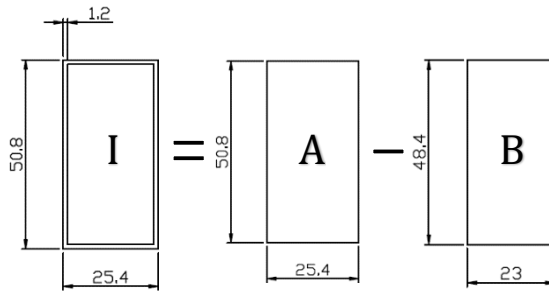
Dari hasil perhitungan diatas maka diketahui beban yang diterima oleh chassis lebih besar saat melakukan pengereman dari pada saat melakukan akselerasi. Oleh karena itu pada tugas akhir ini beban yang digunakan untuk analisa adalah beban saat melakukan pengereman.

4.3 Momen Inersia dan Luasan Permukaan pada Batang

4.3.1 Momen Inersia



Gambar 4.7 Batang Utama pada Chassis



Gambar 4.8 Momen Inersia Luasan pada Batang

Dari gambar (4.6) didapat inersia batang dengan menggunakan persamaan (2.1) seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 I_A &= \left(\frac{1}{12} \times B_A \times H_A^3 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{12} \times 25,4 \times (50,8)^3 \right) \\
 &= 277487,6171 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_B &= \left(\frac{1}{12} \times B_B \times H_B^3 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{12} \times 23 \times (48,4)^3 \right) \\
 &= 217311,4827 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= I_B - I_B \\
 &= 277487,6171 \text{ mm}^2 - 217311,4827 \text{ mm}^2 \\
 &= 60176,1344 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Karena pada chassis utama terdapat 2 buah batang maka momen inersia tersebut dikali dua :

$$\begin{aligned}
 I_{tot} &= I \times 2 \\
 &= 60176,1344 \text{ mm}^4 \times 2 \\
 &= 120352,2688 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

4.3.2 Luas Permukaan

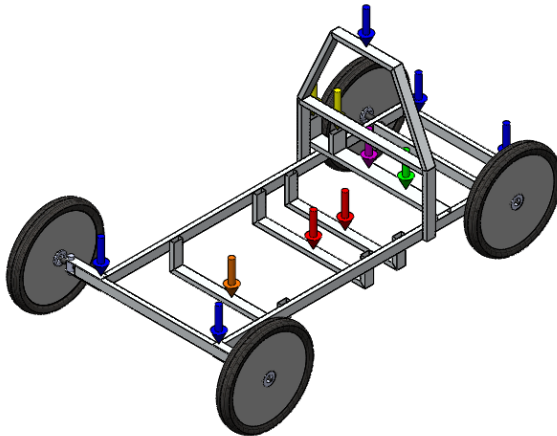
Luas permukaan yang dimaksud adalah luas permukaan batang yang terkena beban horizontal seperti perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} L &= L_A - L_B \\ &= (P_A \times L_A) - (P_B \times L_B) \\ &= (50,8 \times 25,4) - (48,4 \times 23) \\ &= 177,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena pada chassis utama terdapat 2 buah batang maka luas permukaan tersebut dikali dua :

$$\begin{aligned} L_{\text{tot}} &= L \times 2 \\ &= 177,12 \text{ mm}^2 \times 2 \\ &= 354,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.4 Beban yang Ditumpu oleh Chassis



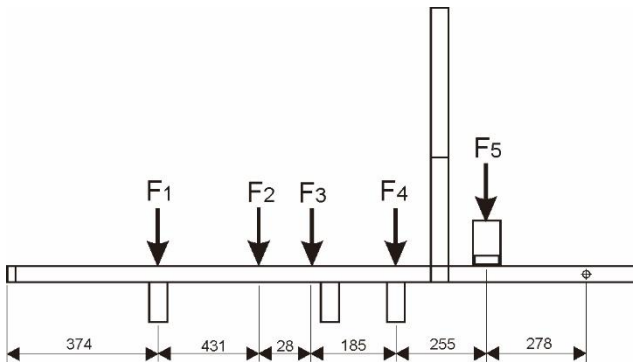
Gambar 4.9 Chassis Nogogeni 3 Evo Tampak Isometri

Keterangan :

- Warna Biru = Massa Bodi
- Warna Orange = Massa Steering

- Warna Merah = Massa Pengemudi
- Warna Hijau = Massa Batrai
- Warna Kuning = Massa Motor
- Warna Ungu = Massa *Controller*

Untuk memudahkan proses perhitungan, maka bentuk chassis diasumsikan 2 dimensi seperti pada gambar (2.8) untuk massa bodi sendiri diasumsikan menjadi satu titik berat yang letaknya sama dengan *center of gravity* dari mobil.

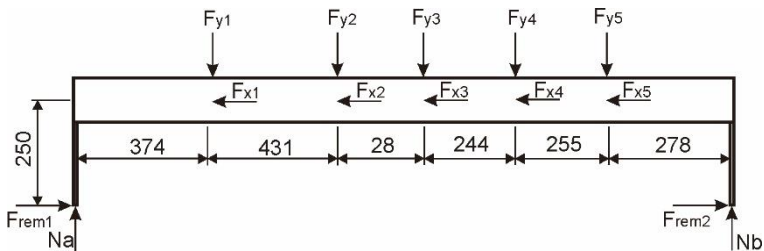


Gambar 4.10 Beban pada Chassis Nogogeni 3 Evo

Keterangan :

- M_1 = Massa Steering = 6 Kg
- M_2 = Massa Chassis = 30 Kg
- M_3 = Massa Bodi = 15 Kg
- M_4 = Massa Pengemudi = 70 Kg
- M_5 = Massa Motor, Batrai dan Controller = 17 Kg

4.5 Perhitungan Beban saat Pengereman



Gambar 4.11 FBD saat Pengereman pada Chassis Utama

Pada saat pengereman terdapat beban ke arah vertikal dan horizontal yang ditopang oleh *chassis*. Dengan nilai gravitasi sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$ dan perlambatan akibat pengereman sebesar $6,028 \text{ m/s}^2$. Diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.1 Beban saat Pengereman pada Chassis

Keterangan :	
1. $F_{Y1} = M_1 \cdot g$ $= 6 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ $= 58,86 \text{ N}$	1. $F_{X1} = M_1 \cdot a_{\text{pengereman}}$ $= 6 \text{ kg} \cdot 6,028 \text{ m/s}^2$ $= 36,168 \text{ N}$
2. $F_{Y2} = M_2 \cdot g$ $= 30 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ $= 294,3 \text{ N}$	2. $F_{X2} = M_2 \cdot a_{\text{pengereman}}$ $= 30 \text{ kg} \cdot 6,028 \text{ m/s}^2$ $= 180,84 \text{ N}$
3. $F_{Y3} = M_3 \cdot g$ $= 15 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ $= 147,15 \text{ N}$	3. $F_{X3} = M_3 \cdot a_{\text{pengereman}}$ $= 15 \text{ kg} \cdot 6,028 \text{ m/s}^2$ $= 90,42 \text{ N}$
4. $F_{Y4} = M_4 \cdot g$ $= 70 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ $= 686,7 \text{ N}$	4. $F_{X4} = M_4 \cdot a_{\text{pengereman}}$ $= 70 \cdot 6,028 \text{ m/s}^2$ $= 421,96 \text{ N}$
5. $F_{Y5} = M_5 \cdot g$ $= 17 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ $= 166,77 \text{ N}$	5. $F_{X5} = M_5 \cdot a_{\text{pengereman}}$ $= 17 \text{ kg} \cdot 6,028$ $= 102,476 \text{ N}$

Dari data pada tabel 4.1 maka dapat dihitung besarnya gaya reaksi yang terjadi pada tumpuan Na dan Nb sebagai berikut:

$$F_{rem1} - F_{X1} - F_{X2} - F_{X3} - F_{X4} - F_{X5} + \overset{+ \Sigma F_x = 0}{\rightarrow} F_{rem2} = 0$$

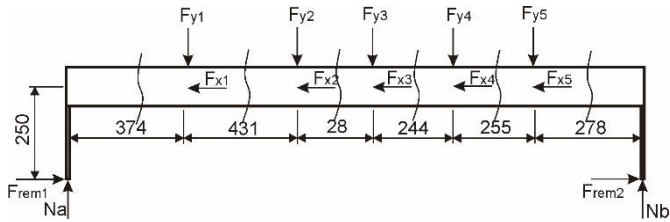
$$\begin{aligned} \uparrow + \Sigma F_y &= 0 \\ N_a + N_b - F_{Y1} - F_{Y2} - F_{Y3} - F_{Y4} - F_{Y5} &= 0 \\ N_a + N_b &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ N_a + N_b &= 58,86 + 180,84 + 90,42 + 421,96 + 102,476 \\ N_a + N_b &= 1353,78 \text{ N} \dots\dots\dots (4.2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{O} + \Sigma M_{\text{Na}} &= 0 \\ 0 &= \text{Na} \cdot L_0 - F_{Y1} \cdot L_1 - F_{Y2} \cdot L_2 - F_{Y3} \cdot L_3 - F_{Y4} \cdot L_4 - F_5 \cdot L_5 + \text{Nb} \\ &\quad \cdot L_6 - F_{\text{rem1}} \cdot L_0 + (F_{X1} + F_{X2} + F_{X3} + F_{X4} + F_{X5}) L_Y + F_{\text{rem2}} \cdot L_0 \\ 0 &= \text{Na} (0) - 58,86 (374) - 294,3 (805) - 147,15 (833) - 686,7 \\ &\quad (1077) - 166,77 (1332) + \text{Nb} \cdot 1610 - F_{\text{rem1}} (0) + (90,42 + \\ &\quad 210,98 + 210,98 + 60,28) (250) + F_{\text{rem2}} (0) \\ 0 &= -22013,64 - 23611,5 - 122575,95 - 739575,9 - 222137,64 \\ &\quad + 1610\text{Nb} + (831,864) 250 \\ 0 &= -1343214,63 + 1610\text{Nb} + 207966 \\ \text{Nb} &= 705,123 \text{ N} \end{aligned}$$

Nb – Subsitusi ke Persamaan (4.2)

$$\begin{aligned} \text{Na} + \text{Nb} &= 1353,78 \text{ N} \\ \text{Na} &= 1353,78 \text{ N} - \text{Nb} \\ &= 1353,78 \text{ N} - 705,123 \text{ N} \\ &= 648,657 \text{ N} \end{aligned}$$

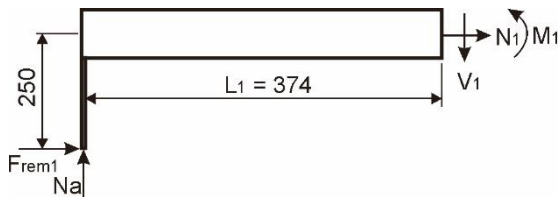
4.6 Diagram Geser dan Diagram Momen



Gambar 4.12 Potongan pada Batang Chassis

Dari gambar diatas akan didapatkan analisa gaya dari masing-masing potongan.

4.6.1 Potongan 1



Gambar 4.13 Potongan 1

$$\begin{aligned}
 \rightarrow \sum F_x &= 0 \\
 F_{rem1} + N_1 &= 0 \\
 614,444 + N_1 &= 0 \\
 N_1 &= -614,444 \text{ N (} \leftarrow \text{)}
 \end{aligned}$$

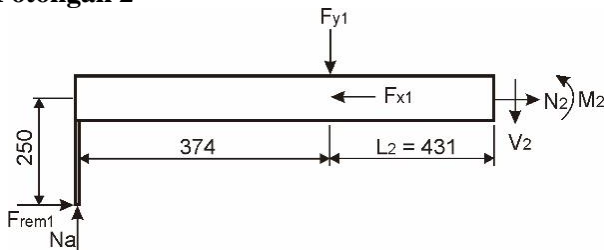
$$\begin{aligned}
 \uparrow + \sum F_y &= 0 \\
 Na - V_1 &= 0 \\
 648,657 \text{ N} - V_1 &= 0 \\
 V_1 &= 648,657 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright + \sum M_{pot} &= 0 \\
 0 &= -Na \cdot L_1 + F_{rem1} \cdot L_Y + M_1 \\
 M_1 &= Na \cdot L_1 - F_{rem1} \cdot L_Y \\
 M_1 &= 648,657 (L_1) - 614,444 (250) \\
 M_1 &= 648,657 L_1 - 153611
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Momen pada Potongan 1

L_1 (mm)	M_1 (Nmm)
0	-153611
50	-121178,15
100	-88745,3
150	-56312,45
200	-23879,6
250	8553,25
300	40986,1
350	73418,95
374	88986,718

4.6.2 Potongan 2



Gambar 4.14 Potongan 2

$$\begin{aligned}
 \rightarrow \sum F_x &= 0 \\
 F_{rem1} - F_{x1} + N_2 &= 0 \\
 614,444 - 36,168 + N_2 &= 0 \\
 N_2 &= -578,276 \text{ N (} \leftarrow \text{)} \\
 \uparrow \sum F_y &= 0 \\
 N_a - F_{y1} - V_2 &= 0 \\
 648,657 - 58,86 - V_2 &= 0 \\
 V_2 &= 589,797 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright \sum M_{pot} &= 0 \\
 0 &= -N_a (L_1 + L_2) + F_{y1} (L_2) + F_{rem} L_y + M_2 \\
 M_2 &= N_a (L_1 + L_2) - F_{y1} (L_2) - F_{rem} L_y \\
 M_2 &= 648,657 (374 + L_2) - 58,86 (L_2) - 614,444 (250)
 \end{aligned}$$

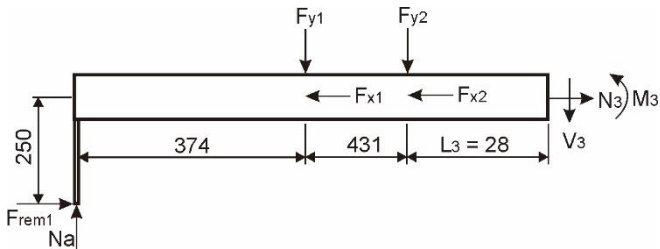
$$M_2 = 242597,718 + 648,657L_2 - 58,86L_2^2 - 153611$$

$$M_2 = 88986,718 + 589,797L_2$$

Tabel 4.3 Momen pada Potongan 2

L₂ (mm)	M₂ (Nmm)
0	88986,718
100	147966,418
200	206946,118
300	265925,818
400	324905,518
431	343189,225

4.6.3 Potongan 3



Gambar 4.15 Potongan 3

$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_x &= 0 \\ F_{rem1} - F_{x1} - F_{x2} + N_3 &= 0 \\ 614,444 - 36,168 - 180,84 + N_3 &= 0 \\ N_3 &= -397,436 \text{ N (} \leftarrow \text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \uparrow + \sum F_y &= 0 \\ Na - F_{y1} - F_{y2} - V_3 &= 0 \\ 648,657 - 58,56 - 294,3 - V_3 &= 0 \\ V_3 &= 295,797 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum M_{pot} = 0$$

$$0 = -Na (L_1 + L_2 + L_3) + F_{Y1} (L_2 + L_3) + F_{Y2} (L_3) + F_{rem1} \cdot L_Y + M_3$$

$$M_3 = Na (L_1 + L_2 + L_3) - F_{Y1} (L_2 + L_3) - F_{Y2} (L_3) - F_{rem1} \cdot L_Y$$

$$M_3 = 648,657 (374 + 431 + L_3) - 58,56 (431 + L_3) - 294,3(L_3) - 614,444 (250)$$

$$M_3 = 648,657 (805 + L_3) - 58,56 (431 + L_3) - 294,3 (L_3) - 153611$$

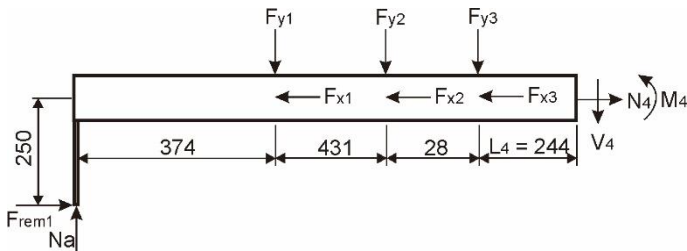
$$M_3 = 522168,885 + 648,657L_3 - 25239,36 - 58,56L_3 - 294,3L_3 - 153611$$

$$M_3 = 343318,525 + 295,797L_3$$

Tabel 4.4 Momen pada Potongan 3

L₃ (mm)	M₃ (Nmm)
0	343318,525
28	351600,841

4.6.4 Potongan 4



Gambar 4.16 Potongan 4

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{rem1} - F_{X1} - F_{X2} - F_{X3} + N_4 = 0$$

$$614,444 - 36,168 - 180,84 - 90,42 + N_4 = 0$$

$$N_4 = -307,016 \text{ N (←)}$$

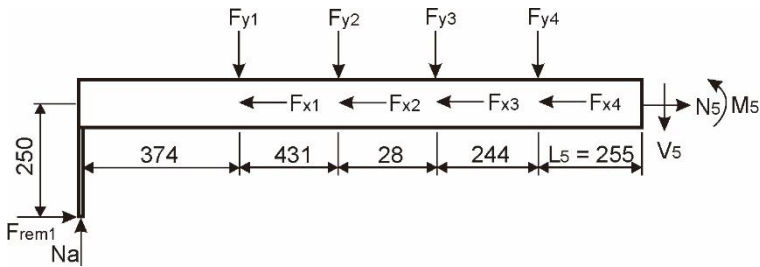
$$\begin{aligned}
& \uparrow + \Sigma F_y = 0 \\
& N_a - F_{Y1} - F_{Y2} - F_{X3} - V_4 = 0 \\
& 648,657 - 58,56 - 294,3 - 147,15 - V_4 = 0 \\
& V_4 = 148,647 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \curvearrowright + \Sigma M_{\text{pot}} = 0 \\
& 0 = -N_a (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) + F_{Y1} (L_2 + L_3 + L_4) + F_{Y2} (L_3 + L_4) + F_{Y3} (L_4) + F_{\text{rem}} \cdot L_Y + M_4 \\
& M_4 = N_a (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) - F_{Y1} (L_2 + L_3 + L_4) - F_{Y2} (L_3 + L_4) - F_{Y3} (L_4) - F_{\text{rem}} \cdot L_Y \\
& M_4 = 648,657 (374 + 431 + 28 + L_4) - 58,86 (431 + 28 + L_4) - 294,3 (28 + L_4) - 147,15 (L_4) - 614,444 (250) \\
& M_4 = 648,657 (833 + L_4) - 58,86 (459 + L_4) - 294,3 (28 + L_4) - 147,15 (L_4) - 153611 \\
& M_4 = 540331,281 + 648,657L_4 - 27016,74 - 58,86L_4 - 8240,4 - 294,3L_4 - 147,15L_4 - 153611 \\
& M_4 = 353521,891 + 148,647L_4
\end{aligned}$$

Tabel 4.5 Momen pada Potongan 4

L₄ (mm)	M₄ (Nmm)
0	353521,891
50	360954,241
100	368386,591
150	375818,941
200	383251,291
244	389791,759

4.6.5 Potongan 5



Gambar 4.17 Potongan 5

$$\begin{aligned}
 \rightarrow \sum F_x &= 0 \\
 F_{rem1} - F_{X1} - F_{X2} - F_{X3} - F_{X4} + N_5 &= 0 \\
 614,444 - 36,168 - 180,84 - 90,42 - 421,96 + N_5 &= 0 \\
 N_5 &= 114,944 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \uparrow + \sum F_y &= 0 \\
 Na - F_{Y1} - F_{Y2} - F_{Y3} - F_{Y4} - V_5 &= 0 \\
 648,657 - 58,86 - 294,3 - 147,15 - 686,7 - V_5 &= 0 \\
 V_5 &= -538,053 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright + \sum M_{pot} &= 0 \\
 0 &= -Na (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5) + F_{Y1} (L_2 + L_3 + L_4 + L_5) + \\
 &\quad F_{Y2} (L_3 + L_4 + L_5) + F_{Y3} (L_4 + L_5) + F_{Y4} (L_5) + F_{rem1} \cdot L_Y \\
 &\quad + M_5 \\
 M_5 &= Na (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5) - F_{Y1} (L_2 + L_3 + L_4 + L_5) - \\
 &\quad F_{Y2} (L_3 + L_4 + L_5) - F_{Y3} (L_4 + L_5) - F_{Y4} (L_5) - F_{rem1} \cdot L_Y \\
 M_5 &= 648,657 (374 + 431 + 28 + 244 + L_5) - 58,86 (431 + 28 \\
 &\quad + 244 + L_5) - 294,3 (28 + 244 + L_5) - 147,15 (244 + \\
 &\quad L_5) - 686,7 (L_5) - 614,444 (250) \\
 M_5 &= 648,657 (1077 + L_5) - 58,86 (703 + L_5) - 294,3 (272 + \\
 &\quad L_5) - 147,15 (244 + L_5) - 686,7 (L_5) - 153611
 \end{aligned}$$

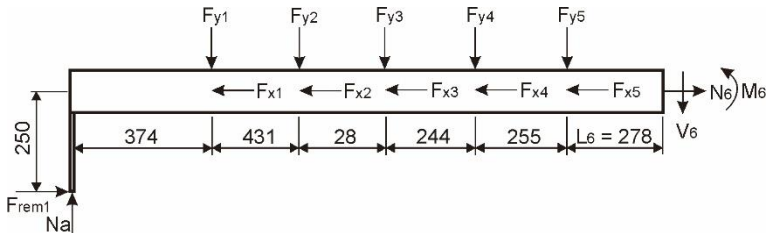
$$M_5 = 698603,598 + 648,657L_5 - 41378,58 - 58,86L_5 - 80049,6 - 294,3L_5 - 35904,6 - 147,15L_5 - 686,7L_5 - 153611$$

$$M_5 = 387659,818 - 538,053L_5$$

Tabel 4.6 Momen pada Potongan 5

L_5	M_5
0	387659,818
50	360757,168
100	333854,518
150	306951,868
200	280049,218
250	253146,568
255	250456,303

4.6.6 Potongan 6



Gambar 18. Potongan 6

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ F_{rem1} - F_{x1} - F_{x2} - F_{x3} - F_{x4} - F_{x5} + N_6 &= 0 \\ 614,444 - 36,168 - 180,84 - 90,42 - 421,96 - 102,476 + N_6 &= 0 \\ N_6 &= 217,42 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ Na - F_{y1} - F_{y2} - F_{y3} - F_{y4} - F_{y5} - V_6 &= 0 \\ 648,657 - 58,86 - 294,3 - 147,15 - 686,7 - 166,77 - V_6 &= 0 \\ V_6 &= -704,823 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum M_{\text{pot}} = 0$$

$$0 = -N_a (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6) + F_{Y1} (L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6) + F_{Y2} (L_3 + L_4 + L_5 + L_6) + F_{Y3} (L_4 + L_5 + L_6) + F_{Y4} (L_5 + L_6) + F_{Y5} (L_6) + F_{\text{rem1}} \cdot L_Y + M_6$$

$$M_6 = N_a (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6) - F_{Y1} (L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6) - F_{Y2} (L_3 + L_4 + L_5 + L_6) - F_{Y3} (L_4 + L_5 + L_6) - F_{Y4} (L_5 + L_6) - F_{Y5} (L_6) - F_{\text{rem1}} \cdot L_Y$$

$$M_6 = 648,657 (374 + 431 + 28 + 244 + 255 + L_6) - 58,86 (431 + 28 + 244 + 255 + L_6) - 294,3 (28 + 244 + 255 + L_6) - 147,15 (244 + 255 + L_6) - 686,7 (255 + L_6) - 166,77 (L_6) - 614,444 (250)$$

$$M_6 = 648,657 (1332 + L_6) - 58,86 (958 + L_6) - 294,3 (527 + L_6) - 147,15 (499 + L_6) - 686,7 (255 + L_6) + 166,77 (L_6) - 153611$$

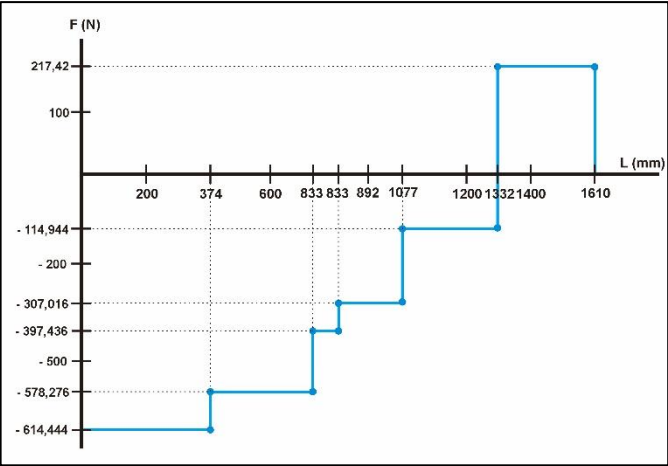
$$M_6 = 864011,124 + 648,657L_6 - 56387,88 - 58,86L_6 - 155096,1 - 294,3L_6 - 73427,85 - 147,15L_6 - 175108,5 - 686,7L_6 - 166,77L_6 - 153611$$

$$M_6 = 250379,794 - 704,823L_6$$

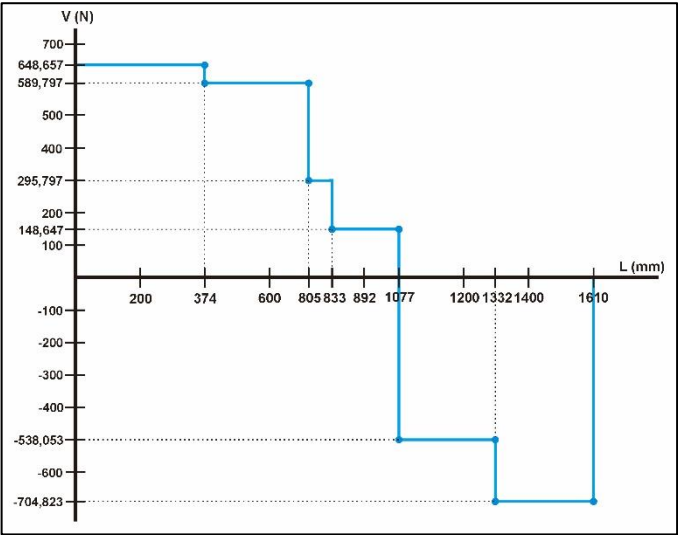
Tabel 4.7 Momen pada Potongan 6

L₆ (mm)	M₆ (Nmm)
0	250379,794
50	215138,644
100	179897,494
150	144656,344
200	109415,194
250	74174,044
278	54439

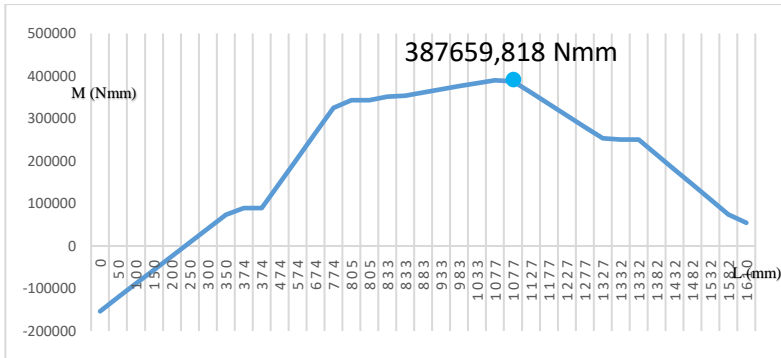
Setelah semua tegangan diketahui, maka dapat dibuat grafik sehingga didapat gaya terbesar yang diterima oleh chassis seperti diagram berikut :



Gambar 4.19 Diagram Normal



Gambar 4.20 Diagram Geser



Gambar 4.21 Diagram Momen

Berdasarkan gambar 4.19 ; 4.20 dan gambar 4.21 besarnya nilai gaya normal maksimum 614,444 N, gaya geser maksimum adalah 704,823 N dan momen bending maksimum adalah 387659,818 Nmm.

4.8 Tegangan Maksimum yang Diterima Chassis

Dalam perhitungan kekuatan *chassis*, perhitungan berdasarkan beban terbesar yang diterima oleh *chassis*. Supaya chassis aman, maka besarnya tegangan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijinnya. Untuk *safety factor* yang dipilih adalah 3 karena merupakan beban dinamis.

Tegangan Kompresi Maksimum

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &\leq |\sigma_c| \\
 \frac{F}{A} &\leq \frac{Scyp}{sf} \\
 \frac{F}{A} &\leq \frac{Syp}{sf} \\
 \frac{614,444 \text{ N}}{354,24 \text{ mm}^2} &\leq \frac{276 \text{ MPa}}{3} \\
 1,735 \text{ MPa} &\leq 92 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tegangan Geser Maksimum

$$\begin{aligned} Q &= y \cdot A \\ &= 25,4 \text{ mm} \times 354,24 \text{ mm}^2 \\ &= 8997,696 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_s &\leq |\tau_s| \\ \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} &\leq \frac{S_{syp}}{sf} \\ \frac{V \cdot Q}{I \cdot t} &\leq \frac{0,58 \cdot Syp}{Sf} \\ \frac{704,823 \text{ N} \times 8997,696 \text{ mm}^3}{120352,2688 \text{ mm}^2 \times 2,4} &\leq \frac{0,58 \cdot 276 \text{ MPa}}{3} \\ 21,956 \text{ MPa} &\leq 53,36 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tegangan Bending Maksimum

$$\begin{aligned} \sigma_b &\leq |\sigma_b| \\ \frac{Mb \times y}{I} &\leq \frac{Syp}{sf} \\ \frac{389791,759 \text{ Nmm} \times 25,4 \text{ mm}^2}{120352,2688 \text{ mm}^4} &\leq \frac{276 \text{ MPa}}{3} \\ 82,264 \text{ MPa} &\leq 92 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tegangan Total (Kompresi, Bending, Geser)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_c + \sigma_b \\ &= 1,735 \text{ N/mm}^2 + 82,264 \text{ N/mm}^2 \\ &= 83,999 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_b &\leq |\sigma_b| \\
\sqrt{(\sigma)^2 + (\tau_s)^2} &\leq \frac{Syp}{sf} \\
\sqrt{(83,999)^2 + (21,956)^2} &\leq \frac{276 \text{ MPa}}{3} \\
\sqrt{7055,832 + 482,066} &\leq 92 \text{ MPa} \\
\sqrt{7537,898} &\leq 92 \text{ MPa} \\
86,821 \text{ N/mm}^2 &\leq 92 \text{ MPa} \\
86,821 \text{ MPa} &\leq 92 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tegangan total dan tegangan ijin yang terjadi pada *chassis* mobil Nogogeni 3 Evo, *chassis* tersebut aman untuk digunakan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai tegangan maksimum dan keamanan dari material yang digunakan untuk membuat chassis mobil Nogogeni 3 Evo adalah sebagai berikut :

1. Nilai tegangan normal maksimum yang terjadi sebesar $1,735 \text{ MPa} \leq |\sigma|$, jadi masih dalam keadaan aman.
2. Nilai tegangan geser maksimum yang terjadi sebesar $21,956 \text{ MPa} \leq |\tau_s|$, jadi masih dalam keadaan aman.
3. Nilai tegangan bending maksimum yang terjadi sebesar $82,264 \text{ MPa} \leq |\sigma|$, jadi masih dalam keadaan aman.
4. Tegangan total yang terjadi yaitu tegangan normal, bending dan geser maksimum adalah sebesar $86,821 \text{ MPa} \leq (|\sigma| = 92 \text{ MPa})$, jadi masih dalam keadaan aman.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan penulis agar penulisan tugas akhir ini lebih maksimal, antara lain :

1. Perlu adanya penelitian mengenai struktur mekanik dari desain chassis menggunakan *software* simulasi, agar nantinya akan diperoleh penggunaan bahan dan ukuran yang tepat untuk pembuatan chassis mobil Nogogeni 3 Evo agar lebih maksimal
2. Perlu adanya penelitian dan pengujian lebih lanjut untuk menyempurnakan desain *chassis* dan membuktikan bahwa perhitungan dari desain yang dibuat sudah sesuai.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shell Eco Marathon.2017. *The Nogogeni 3 Evo*.
https://www.flickr.com/photos/shell_eco-marathon/33471471925/in/album-721576788770_92212/. (diakses 25 Maret 2017)
- [2] Koch, Norman. 2017. *Shell Eco-Marathon, Official Rules Chapter 1*. Shell.
- [3] Nogogeni ITS Team.2017. *Nogogeni Technical Document*.
Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [4] Alfajri, Aries. *Mengenal dan Memahami Chassis dan Bodi Kendaraan*.<http://alfacell90.blogspot.co.id/2015/11/mengenal-dan-memahami-chassis-dan-bodi.html>. (diakses 5 April 2017)
- [5] Ulrich, Al dler.1993. *Automotive Handbook, 2nd Editions*.
Robert Bosch GmbH.1993
- [6] Yahya, Iffan. 2015. *Pemodelan Medan Aliran 3 Dimensi pada Bodi Mobil Urban Nogogeni 3 (Tugas Akhir)*.
Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Sutantra, I Nyoman., dan Bambang Sampurno. 2010. *Teknologi Otomotif, Edisi Kedua*. Surabaya : Guna Widya.
- [8] Aerospace Spesification Metal. *Alumunium 6061-T6*.
<http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma6061t6>. (diakses 12 April 2017).
- [9] Seputar Dunia Teknik Sipil. *Menghitung Momen Inersia*.
<http://duniatekniksipil.web.id/435/menghitung-momen-inersia/>. (diakses 15 April 2017)
- [10] IPB.*Gaya Geser dan Momen Lentur*.web.ipb.ac.id/~lbp/kulon/diktat/3.pdf. (diakses 18 April 2017)
- [11] Aarond Deutchman.1975. *Machine Design : Theory and Practice*. New York : Macmillan.

- [12] Oktora, Fransiscus. *Hukum-Hukum Newton tentang Gerak*. https://www.academia.edu/4907196/HUKUM_HUKUM_NEWTON_TENTANG_GERAK. (diakses 05 Mei 2017)
- [13] Koch, Norman. 2017. *Drivers World Championship, Chapter III*. Shell.
- [14] R. C. Hibbeler. *Engineering Mechanics Statics*. Twelfth Edition
- [15] R. C. Hibbeler. *Mechanics of Material*. Eighth Edition. Person Prentice-Hall.
- [16] R. C. Hibbeler. *Engineering Mechanics Dynamics*. Eighth Edition. Person Prentice-Hall.
- [17] Sato, G. Takeshi, N. Sugiarto H. 2000. *Menggambar Mesin menurut standar ISO*. Jakarta : PT Pradnya Paramita

LAMPIRAN 1 : Tabel konversi

TABLE A.1 Conversion Factors		
Area		
$1 \text{ mm}^2 = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2$		$1 \text{ ft}^2 = 144 \text{ in.}^2$
$1 \text{ cm}^2 = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0.1550 \text{ in.}^2$		$1 \text{ in.}^2 = 6.4516 \text{ cm}^2 = 6.4516 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
$1 \text{ m}^2 = 10.7639 \text{ ft}^2$		$1 \text{ ft}^2 = 0.092903 \text{ m}^2$
Conductivity		
$1 \text{ W/m-K} = 1 \text{ J/s-m-K}$		
$= 0.577789 \text{ Btu/h-ft-R}$		$1 \text{ Btu/h-ft-R} = 1.730735 \text{ W/m-K}$
Density		
$1 \text{ kg/m}^3 = 0.06242797 \text{ lbm/ft}^3$		$1 \text{ lbm/ft}^3 = 16.01846 \text{ kg/m}^3$
$1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$		
$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/L}$		
Energy		
$1 \text{ J} = 1 \text{ N-m} = 1 \text{ kg-m}^2/\text{s}^2$		
$1 \text{ J} = 0.737562 \text{ lbf-ft}$		$1 \text{ lbf-ft} = 1.355818 \text{ J}$
$1 \text{ cal (Int.)} = 4.1868 \text{ J}$		$= 1.28507 \times 10^{-3} \text{ Btu}$
		$1 \text{ Btu (Int.)} = 1.055056 \text{ kJ}$
		$= 778.1693 \text{ lbf-ft}$
$1 \text{ erg} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ J}$		
$1 \text{ eV} = 1.60217733 \times 10^{-19} \text{ J}$		
Force		
$1 \text{ N} = 0.224809 \text{ lbf}$		$1 \text{ lbf} = 4.448222 \text{ N}$
$1 \text{ kp} = 9.80665 \text{ N (1 kgf)}$		
Gravitation		
$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$		$g = 32.17405 \text{ ft/s}^2$
Heat capacity, specific entropy		
$1 \text{ kJ/kg-K} = 0.238846 \text{ Btu/lbm-R}$		$1 \text{ Btu/lbm-R} = 4.1868 \text{ kJ/kg-K}$
Heat flux (per unit area)		
$1 \text{ W/m}^2 = 0.316998 \text{ Btu/h-ft}^2$		$1 \text{ Btu/h-ft}^2 = 3.15459 \text{ W/m}^2$
Heat transfer coefficient		
$1 \text{ W/m}^2\text{-K} = 0.17611 \text{ Btu/h-ft}^2\text{-R}$		$1 \text{ Btu/h-ft}^2\text{-R} = 5.67826 \text{ W/m}^2\text{-K}$
Length		
$1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m} = 0.1 \text{ cm}$		$1 \text{ ft} = 12 \text{ in.}$
$1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m} = 10 \text{ mm} = 0.3937 \text{ in.}$		$1 \text{ in.} = 2.54 \text{ cm} = 0.0254 \text{ m}$
$1 \text{ m} = 3.28084 \text{ ft} = 39.37 \text{ in.}$		$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$
$1 \text{ km} = 0.621371 \text{ mi}$		$1 \text{ mi} = 1.609344 \text{ km}$
$1 \text{ mi} = 1609.3 \text{ m (US statute)}$		$1 \text{ yd} = 0.9144 \text{ m}$

LAMPIRAN 2 : Lanjutan

TABLE A.1 (Continued) *Conversion Factors*

Specific kinetic energy (V^2)

$$1 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0.001 \text{ kJ/kg}$$

$$1 \text{ kJ/kg} = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$1 \text{ ft}^2/\text{s}^2 = 3.9941 \times 10^{-5} \text{ Btu/lbm}$$

$$1 \text{ Btu/lbm} = 25037 \text{ ft}^2/\text{s}^2$$

Specific potential energy (Zg)

$$1 \text{ m} \cdot g_{\text{std}} = 9.80665 \times 10^{-3} \text{ kJ/kg}$$

$$= 4.21607 \times 10^{-3} \text{ Btu/lbm}$$

$$1 \text{ ft} \cdot g_{\text{std}} = 1.0 \text{ lbf} \cdot \text{ft/lbm}$$

$$= 0.001285 \text{ Btu/lbm}$$

$$= 0.002989 \text{ kJ/kg}$$

Specific volume

$$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 1 \text{ L/kg}$$

$$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.01846 \text{ ft}^3/\text{lbm}$$

$$1 \text{ ft}^3/\text{lbm} = 0.062428 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Temperature

$$1 \text{ K} = 1^\circ\text{C} = 1.8 \text{ R} = 1.8 \text{ F}$$

$$\text{TC} = \text{TK} - 273.15$$

$$= (\text{TF} - 32)/1.8$$

$$\text{TK} = \text{TR}/1.8$$

$$1 \text{ R} = (5/9) \text{ K}$$

$$\text{TF} = \text{TR} - 459.67$$

$$= 1.8 \text{ TC} + 32$$

$$\text{TR} = 1.8 \text{ TK}$$

Universal Gas Constant

$$R = N_0 k = 8.31451 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$$

$$= 1.98589 \text{ kcal/kmol} \cdot \text{K}$$

$$= 82.0578 \text{ atm} \cdot \text{L/kmol} \cdot \text{K}$$

$$R = 1.98589 \text{ Btu/lbmol} \cdot \text{R}$$

$$= 1545.36 \text{ lbf} \cdot \text{ft/lbmol} \cdot \text{R}$$

$$= 0.73024 \text{ atm} \cdot \text{ft}^3/\text{lbmol} \cdot \text{R}$$

$$= 10.7317 (\text{lbf/in.}^2) \cdot \text{ft}^3/\text{lbmol} \cdot \text{R}$$

Velocity

$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$$

$$= 3.28084 \text{ ft/s}$$

$$= 2.23694 \text{ mi/h}$$

$$1 \text{ km/h} = 0.27778 \text{ m/s}$$

$$= 0.91134 \text{ ft/s}$$

$$= 0.62137 \text{ mi/h}$$

$$1 \text{ ft/s} = 0.681818 \text{ mi/h}$$

$$= 0.3048 \text{ m/s}$$

$$= 1.09728 \text{ km/h}$$

$$1 \text{ mi/h} = 1.46667 \text{ ft/s}$$

$$= 0.44704 \text{ m/s}$$

$$= 1.609344 \text{ km/h}$$

Volume

$$1 \text{ m}^3 = 35.3147 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 0.001 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Gal (US)} = 3.785412 \text{ L}$$

$$= 3.785412 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 2.831685 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ in.}^3 = 1.6387 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Gal (UK)} = 4.546090 \text{ L}$$

$$1 \text{ Gal (US)} = 231.00 \text{ in.}^3$$

LAMPIRAN 3 : Lanjutan

TABLE A.1 (Continued) Conversion Factors			
Mass			
1 kg	= 2.204 623 lbm	1 lbm	= 0.453 592 kg
1 tonne	= 1000 kg	1 slug	= 14.5939 kg
1 grain	= 6.47989×10^{-5} kg	1 ton	= 2000 lbm
Moment (torque)			
1 N·m	= 0.737 562 lbf·ft	1 lbf·ft	= 1.355 818 N·m
Momentum (mV)			
1 kg·m/s	= 7.232 94 lbm·ft/s	1 lbm·ft/s	= 0.138 256 kg·m/s
	= 0.224809 lbf·s		
Power			
1 W	= 1 J/s = 1 N·m/s	1 lbf·ft/s	= 1.355 818 W
	= 0.737 562 lbf·ft/s		= 4.626 24 Btu/h
1 kW	= 3412.14 Btu/h	1 Btu/s	= 1.055 056 kW
1 hp (metric)	= 0.735 499 kW	1 hp (UK)	= 0.7457 kW
			= 550 lbf·ft/s
			= 2544.43 Btu/h
1 ton of refrigeration	= 3.516 85 kW	1 ton of refrigeration	= 12 000 Btu/h
Pressure			
1 Pa	= 1 N/m ² = 1 kg/m·s ²	1 lbf/in. ²	= 6.894 757 kPa
1 bar	= 1.0×10^5 Pa = 100 kPa	1 atm	= 14.695 94 lbf/in. ²
1 atm	= 101.325 kPa		= 29.921 in. Hg [32 F]
	= 1.01325 bar		= 33.899 5 ft H ₂ O [4°C]
	= 760 mm Hg [0°C]		
	= 10.332 56 m H ₂ O [4°C]		
1 torr	= 1 mm Hg [0°C]	1 in. Hg [0°C]	= 0.49115 lbf/in. ²
1 mm Hg [0°C]	= 0.133 322 kPa	1 in. H ₂ O [4°C]	= 0.036126 lbf/in. ²
1 m H ₂ O [4°C]	= 9.806 38 kPa		
Specific energy			
1 kJ/kg	= 0.42992 Btu/lbm	1 Btu/lbm	= 2.326 kJ/kg
	= 334.55 lbf·ft/lbm	1 lbf·ft/lbm	= 2.98907×10^{-3} kJ/kg
			= 1.28507×10^{-3} Btu/lbm

Richard E. Sonntag, Claus Borgnakke, Gordon J. Van Wylen
(Fundamentals of Thermodynamic Fifth Edition)

ASM Aerospace Specification Metals

Composition Notes:

Aluminum content reported is calculated as remainder.

Composition information provided by the Aluminum Association and is not for design.

Key Words: al6061, UNS A96061; ISO AlMg1SiCu; Aluminium 6061-T6, AD-33 (Russia); AA6061-T6; 6061T6, UNS A96061; ISO AlMg1SiCu; Aluminium 6061-T651, AD-33 (Russia); AA6061-T651

Component	Wt. %	Component	Wt. %	Component	Wt. %
Al	95.8 - 98.6	Mg	0.8 - 1.2	Si	0.4
Cr	0.04 - 0.35	Mn	Max 0.15	Ti	Max 0.15
Cu	0.15 - 0.4	Other, each	Max 0.05	Zn	Max 0.25
Fe	Max 0.7	Other, total	Max 0.15		

Material Notes:

Information provided by Alcoa, Starmet and the references. General 6061 characteristics and uses: Excellent joining characteristics, good acceptance of applied coatings. Combines relatively high strength, good workability, and high resistance to corrosion; widely available. The T8 and T9 tempers offer better chipping characteristics over the T6 temper.

Applications: Aircraft fittings, camera lens mounts, couplings, marines fittings and hardware, electrical fittings and connectors, decorative or misc. hardware, hinge pins, magneto parts, brake pistons, hydraulic pistons, appliance fittings, valves and valve parts; bike frames.

Data points with the AA note have been provided by the Aluminum Association, Inc. and are NOT FOR DESIGN.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	<u>2.7 g/cc</u>	0.0975 lb/in ³	AA; Typical
Mechanical Properties			
Hardness, Brinell	95	95	AA; Typical; 500 g load; 10 mm ball
Hardness, Knoop	120	120	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Rockwell A	40	40	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Rockwell B	60	60	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Vickers	107	107	Converted from Brinell Hardness Value
Ultimate Tensile Strength	<u>310 MPa</u>	45000 psi	AA; Typical
Tensile Yield Strength	<u>276 MPa</u>	40000 psi	AA; Typical
Elongation at Break	<u>12 %</u>	12 %	AA; Typical; 1/16 in. (1.6 mm)

			Thickness
Elongation at Break	<u>17 %</u>	17 %	AA; Typical; 1/2 in. (12.7 mm) Diameter
Modulus of Elasticity	<u>68.9 GPa</u>	10000 ksi	AA; Typical; Average of tension and compression. Compression modulus is about 2% greater than tensile modulus.
Notched Tensile Strength	<u>324 MPa</u>	47000 psi	2.5 cm width x 0.16 cm thick side-notched specimen, $K_t = 17$.
Ultimate Bearing Strength	<u>607 MPa</u>	88000 psi	Edge distance/pin diameter = 2.0
Bearing Yield Strength	<u>386 MPa</u>	56000 psi	Edge distance/pin diameter = 2.0
Poisson's Ratio	0.33	0.33	Estimated from trends in similar Al alloys.
Fatigue Strength	<u>96.5 MPa</u>	14000 psi	AA; 500,000,000 cycles completely reversed stress; RR Moore machine/specimen
Fracture Toughness	<u>29 MPa-m^{1/2}</u>	26.4 ksi-in ^{1/2}	K_{Ic} ; TL orientation.
Machinability	<u>50 %</u>	50 %	0-100 Scale of Aluminum Alloys
Shear Modulus	<u>26 GPa</u>	3770 ksi	Estimated from similar Al alloys.
Shear Strength	<u>207 MPa</u>	30000 psi	AA; Typical
Electrical Properties			
Electrical Resistivity	<u>3.99e-006 ohm-cm</u>	3.99e-006 ohm-cm	AA; Typical at 68°F
Thermal Properties			
CTE, linear 68°F	<u>23.6 µm/m-°C</u>	13.1 µin/in-°F	AA; Typical; Average over 68-212°F range.
CTE, linear 250°C	<u>25.2 µm/m-°C</u>	14 µin/in-°F	Estimated from trends in similar Al alloys. 20-300°C.
Specific Heat Capacity	<u>0.896 J/g-°C</u>	0.214 BTU/lb-°F	
Thermal Conductivity	<u>167 W/m-K</u>	1160 BTU-in/hr-ft ² -°F	AA; Typical at 77°F
Melting Point	582 - 652 °C	1080 - 1205 °F	AA; Typical range based on typical composition for wrought products 1/4 inch thickness or greater; Eutectic melting can be completely eliminated by homogenization.
Solidus	<u>582 °C</u>	1080 °F	AA; Typical
Liquidus	<u>652 °C</u>	1205 °F	AA; Typical
Processing Properties			
Solution Temperature	<u>529 °C</u>	985 °F	
Aging Temperature	<u>160 °C</u>	320 °F	Rolled or drawn products; hold at temperature for 18 hr
Aging Temperature	<u>177 °C</u>	350 °F	Extrusions or forgings; hold at temperature for 8 hr

Most of the data in MatWeb has been supplied directly by the manufacturers. Other data has been taken from similar materials and known relationships by the MatWeb staff. For more information about this specific material, see the following source(s):

Information provided by The Aluminum Association, Inc. from **Aluminum Standards and Data 2000** and/or **International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys (Revised 2001)**.

Metals Handbook, Vol.2 - Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, ASM International 10th Ed. 1990.

Structural Alloys Handbook, 1996 edition, John M. (Tim) Holt, Technical Ed; C. Y. Ho, Ed., CINDAS/Purdue University, West Lafayette, IN, 1996.

Metals Handbook, Howard E. Boyer and Timothy L. Gall, Eds., American Society for Metals, Materials Park, OH, 1985.

Table A.9

Properties of Air at Atmospheric Pressure (U.S. Customary Units)

Temperature, $T(^{\circ}\text{F})$	Density, ρ (slug/ft ³)	Dynamic Viscosity, μ (lbf · s/ft ²)	Kinematic Viscosity, ν (ft ² /s)
40	0.00247	3.63E-07	1.47E-04
50	0.00242	3.69E-07	1.52E-04
59	0.00238	3.74E-07	1.57E-04
60	0.00237	3.74E-07	1.58E-04
68	0.00234	3.79E-07	1.62E-04
70	0.00233	3.80E-07	1.63E-04
80	0.00229	3.85E-07	1.68E-04
90	0.00225	3.91E-07	1.74E-04
100	0.00221	3.96E-07	1.79E-04
110	0.00217	4.02E-07	1.86E-04
120	0.00213	4.07E-07	1.91E-04
130	0.00209	4.12E-07	1.97E-04
140	0.00206	4.18E-07	2.03E-04
150	0.00202	4.23E-07	2.09E-04
160	0.00199	4.28E-07	2.15E-04
170	0.00196	4.33E-07	2.21E-04
180	0.00193	4.38E-07	2.27E-04
190	0.00190	4.43E-07	2.33E-04
200	0.00187	4.48E-07	2.40E-04

Table A.10

Properties of Air at Atmospheric Pressure (SI Units)

Temperature, $T(^{\circ}\text{C})$	Density, ρ (kg/m ³)	Dynamic Viscosity, μ (N · s/m ²)	Kinematic Viscosity, ν (m ² /s)
0	1.29	1.72E-05	1.33E-05
5	1.27	1.74E-05	1.37E-05
10	1.25	1.76E-05	1.41E-05
15	1.23	1.79E-05	1.45E-05
20	1.21	1.81E-05	1.50E-05
25	1.19	1.84E-05	1.54E-05
30	1.17	1.86E-05	1.59E-05
35	1.15	1.88E-05	1.64E-05
40	1.13	1.91E-05	1.69E-05
45	1.11	1.93E-05	1.74E-05
50	1.09	1.95E-05	1.79E-05
55	1.08	1.98E-05	1.83E-05
60	1.06	2.00E-05	1.89E-05
65	1.04	2.02E-05	1.94E-05
70	1.03	2.04E-05	1.98E-05
75	1.01	2.06E-05	2.04E-05
80	1.00	2.09E-05	2.09E-05
85	0.987	2.11E-05	2.14E-05
90	0.973	2.13E-05	2.19E-05
95	0.960	2.15E-05	2.24E-05
100	0.947	2.17E-05	2.29E-05

3C – URBANCONCEPT GROUP

Article 44: DEFINITION

Under the name "UrbanConcept", Shell offers an opportunity to design and build energy efficient vehicles that are closer in appearance to today's production type passenger cars. UrbanConcept vehicles must comply with the specific rules of Shell Eco-marathon for this group. One particular feature of this group is that vehicles competing in this group will require "stop & go" driving.

During all practice and competition driving at Shell Eco-marathon events only one person (the Driver) is allowed inside UrbanConcept vehicles, regardless of the number of seats installed.

Article 45: DIMENSIONS

- a) The total vehicle height must be between 100 cm and 130 cm.
- b) The total vehicle width, excluding rear view mirrors, must be between 120 cm and 130 cm.
- c) The total vehicle length must be between 220 cm and 350 cm.
- d) **None of the vehicle dimensions, height, width and length must be achieved by body extensions such as 'stuck-on' appendages or cut-outs.** The track width must be at least 100 cm for the front axle and 80 cm for the rear axle, measured between the midpoints where the tyres touch the ground.
- e) The wheelbase must be at least 120 cm.
- f) The Driver's compartment must have a minimum height of 88 cm and a minimum width of 70 cm at the Driver's shoulders.
- g) The ground clearance must be at least 10 cm with the Driver (and necessary ballast) in the vehicle.
- h) The maximum vehicle weight (excluding the Driver) is 225 kg.



Article 46: VEHICLE BODY

- a) Teams are requested to submit technical drawings, photographs or animations of their entire vehicle design to the Organisers for approval at their earliest opportunity.

This is strongly recommended to avoid upsets by failing the technical inspection at the event on grounds of design non-compliance.

- b) The body must cover all mechanical parts whether the vehicle is viewed from the front, the rear, the sides or from above. However, the wheels and suspension must be fully covered by the body when seen from above and up to the axle centre line when seen from front or rear. The covering for the wheels and suspension must be a rigid integral part of the vehicle body.
- c) It is prohibited to use any commercially available vehicle body parts.
- d) Access to the vehicle by the Driver must be as easy and practical as typically found in common production type passenger cars. **All new UrbanConcept vehicles for 2017 and onwards must have a side-door design.** The door opening must have a minimum dimension of 500 x 800 mm.

This means a rectangular template of this dimension must be able to pass through the door opening in the vertical plane.

- e) Any access opening mechanisms (e.g. doors) must be firmly attached to the vehicle body (e.g. by means of hinges, sliding rails, etc.). Adhesive tape, Velcro, etc. are not permitted for this purpose.
- f) The vehicle must have a **fixed** roof covering the Driver's compartment.
- g) A windscreen with effective wiper(s) is mandatory. Please refer to Article 1.b).
- h) Luggage space must be available for a rectangular solid box with dimensions of 500 x 400 x 200 mm (L x H x VV). This space must be easily accessible from the outside and must include a floor and sidewalls to hold the luggage in place when the vehicle is moving. The luggage must be supplied by the Participant and must be placed in this space during **inspection and** competition.
- i) Vehicle bodies must not include any external appendages that might be dangerous to other Team members; e.g. sharp points must have a radius of 5 cm or greater, alternatively they should be made of foam or similar deformable material.
- j) A towing hook or ring is mandatory at the front of the vehicle. It can be rigid or flexible (cable or strap). If it is rigid, it must be placed fully under the body for safety reasons. Alternatively, it may be retractable or removable as in a regular car but should be easily accessible. It must be used to tow the vehicle in case of breakdown on the track. It must have a traction resistance equivalent to the weight of the vehicle and have an opening width of at least 3 cm.

Article 47: TURNING RADIUS AND STEERING

- a) Vehicle steering must be achieved by one system operated with both hands using a turning motion. It must be precise, with no play or delay. **Steering must be operated predominately through the front wheels.**
- b) Steering must be achieved using a steering wheel or sections of a wheel with a diameter of not less than 25cm.
- c) Steering bars, tillers, joysticks, indirect or electric systems are not permitted.
- d) The turning radius must be 0 m or less. The turning radius is the distance between the centre of the circle and the external wheel of the vehicle. The external wheel of the vehicle must be able to follow a 90° arc of 0 m radius in both directions. **The steering system must be designed in such a way as to prevent any contact between tyre and body or chassis.**
- e) The Organisers reserve the right to set up a vehicle handling course in order to verify the following when the vehicle is in motion: driver skills, turning radius and steering precision. For example, the Organisers will verify that steering is precise, with no play.

Article 48: WHEELS

- a) The rims must be between 1.5 to 17 inches in diameter.

- Ethanol E100 (100% Ethanol)
- Shell Gas to Liquid (100% GTL)
- Hydrogen
- Battery Electric

For the 2017 edition of the DWVC rules, CNG vehicles will not be included in the competition.

ARTICLE 311: ENERGY CLASSES

The competition is divided in three energy classes:

- Internal Combustion Engines (ICE)
- Hydrogen (H₂)
- Battery Electric (BE)

1B. SAFETY

ARTICLE 312: MANDATORY BRIEFING

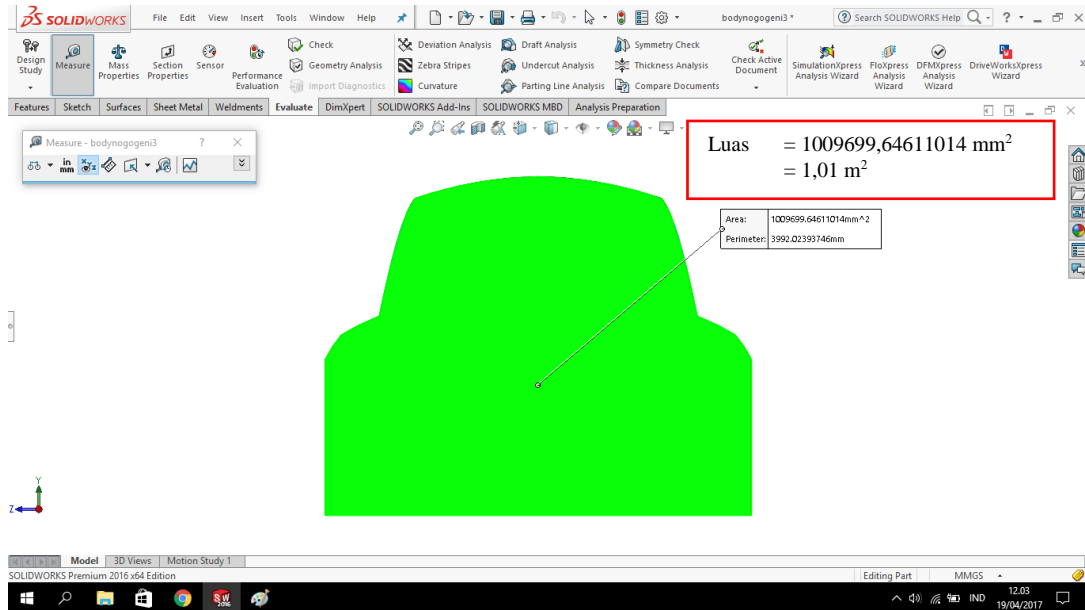
The DWVC briefings are mandatory for Team Manager and Driver(s) of the participating teams. Only the Driver(s) attending the briefing will be authorised to compete on track. If the Team Manager and/or Driver(s) are not present at this briefing, the vehicle will be disqualified.

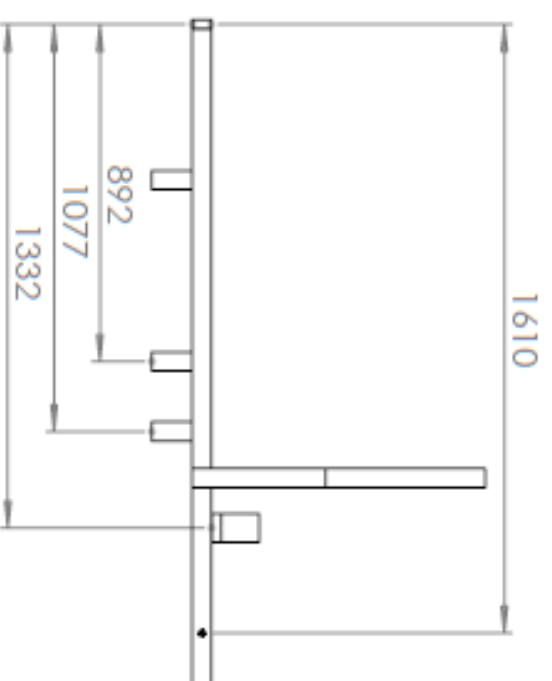
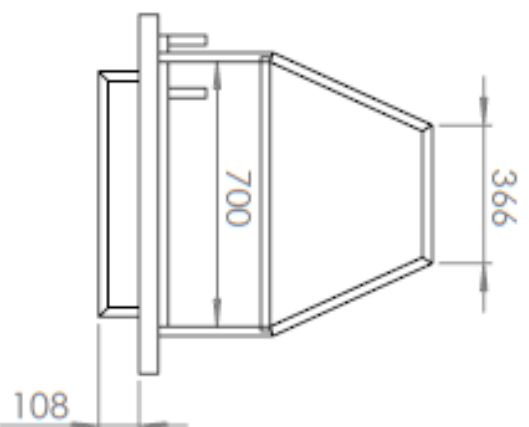
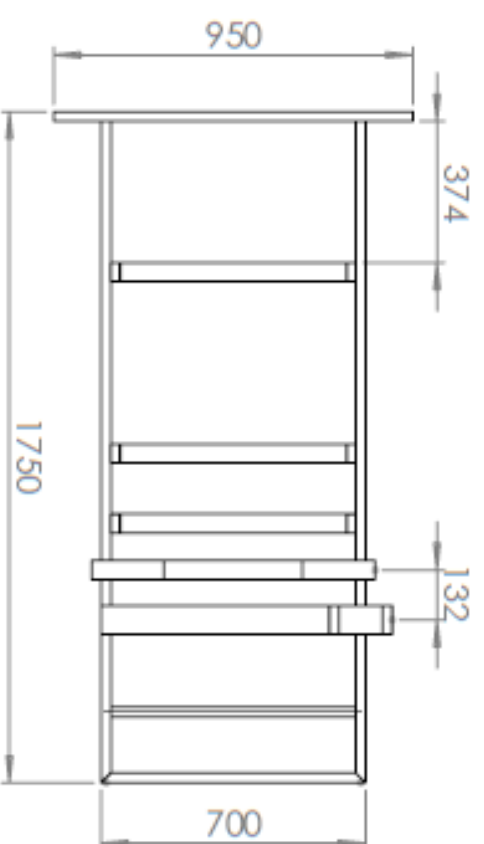
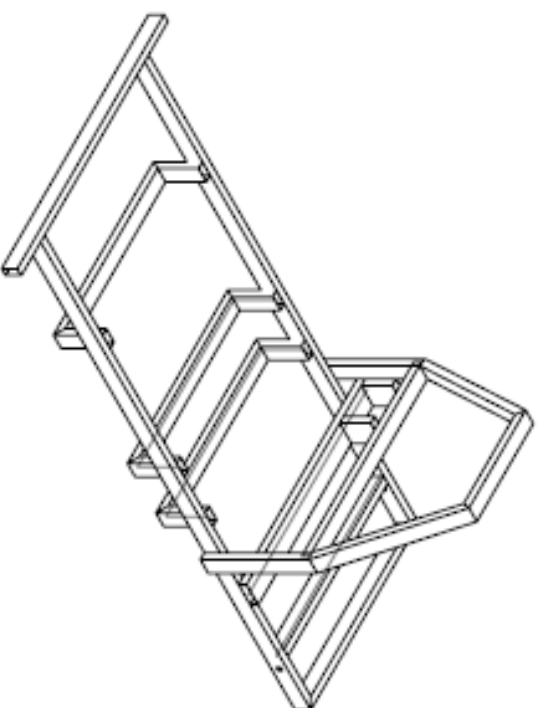
ARTICLE 313: DYNAMIC BRAKING TESTS

A dynamic braking test will be performed during the practice lap of the DWVC Regionals. For the DWVC Grand Final, prior to the race, the Visiting Teams will complete a practice lap to perform a dynamic braking test.

- All teams must pass the dynamic braking tests in order to compete in the DWVC. Two attempts to pass the dynamic brake test are permitted.
- The dynamic brake test is performed as follows:
 - Two lines will be marked on track 20 metres apart.
 - Vehicles must cross the first line at 50 km/h
 - At the first line the Driver must apply their brakes and come to a complete stop before crossing the second line.
- Teams that fail to reach a speed of 50 km/h during their dynamic braking test attempts must prove that the vehicle is not technically capable of reaching this speed to avoid disqualification.
- Following a dynamic braking test, if the vehicle is not able to move under its own power, the team will be disqualified and the vehicle will be removed from the track by the Marshalls.
- All teams must pass one dynamic braking test attempt. Teams that fail both attempts will be disqualified.
- The Organisers reserve the right to disqualify teams that are unable to perform the dynamic braking tests within acceptable parameters.

Luas Frontal Area Mobil Nogogeni 3 Evo, dihitung menggunakan software Solidworks 2016.





SKALA :1:20

DIGAMBAR:DICKO LURIYANTO

PERINGATAN:

SATUAN :mm

NRP :2114030026

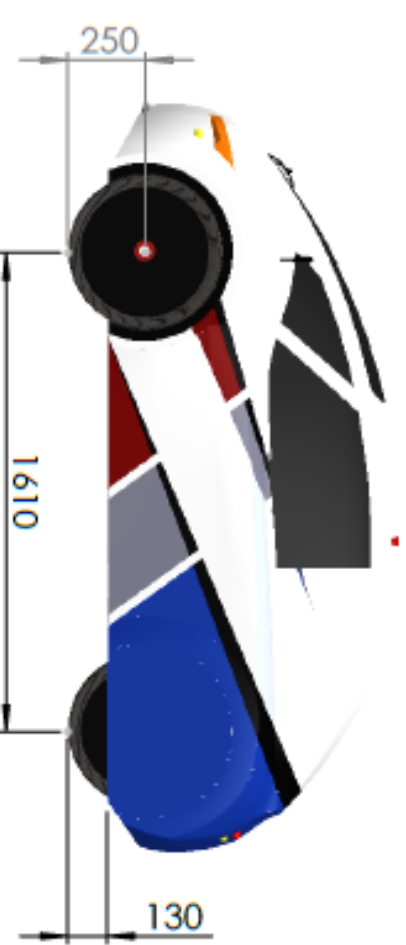
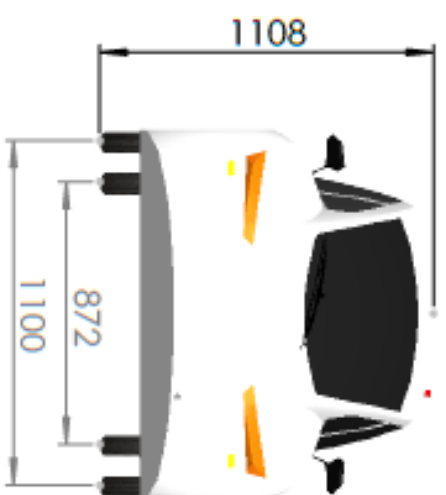
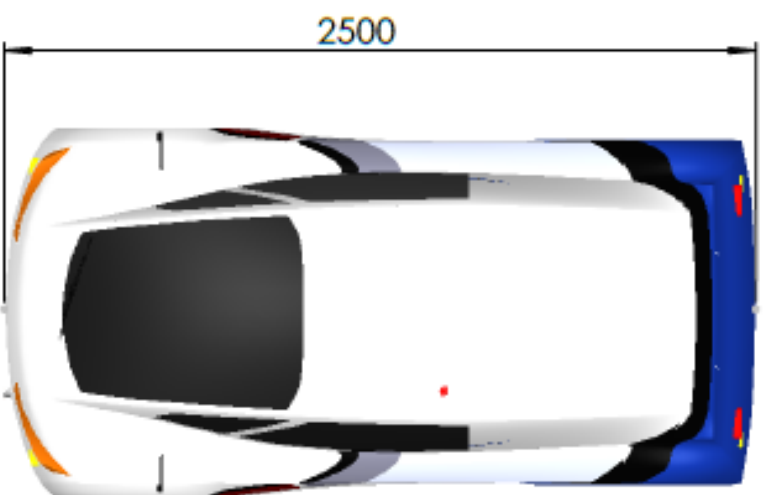
TANGGAL:5-7-2017

DILIHAT :Ir. ARINO ANZIP

D3 MESIN ITS

CHASSIS NOGOGENI

A4



SKALA :1:25	DIGAMBAR:DICKO LURIVANTO	PERINGATAN:
SATUAN :mm	NRP :2114030026	
TANGGAL:5-7-2017	DILIHAT :Ir. ARINO ANZIP	

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Mojokerto, 14 April 1996 yang merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang telah ditempuh yaitu, MI Manbaul Ulum, SMPN 1 Kemlagi, SMAN 2 Kota Mojokerto. Pada tahun 2014 di Departemen Teknik Mesin Industri dan mengambil bidang studi manufaktur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti berbagai pelatihan dan organisasi. Adapun organisasi yang diikuti diantaranya : Anggota Divisi Body and Design Manufacuring Mobil Listrik Nogogeni 2015/2016. General Manager Mobil Listrik Nogogeni 2016/2017, menjadi Juara 2 pada perlombaan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2016 menjadi Juara 3 pada perlombaan Shell Eco Marathon Asia (SEM-Asia) 2017.

Pelatihan yang telah diikuti penulis, antara lain : PKTI (Pelatihan Karya Tulis Ilmiah) 2014, Pelatihan LKKM Pra-TD FTI-ITS, Pelatihan LKMM-TD VII FTI-ITS. Selain itu penulis pernah melakukan kerja praktik di PT. Petro-Kimia Gresik, Jawa Timur.

Email : dickoarisendi@gmail.com